

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Ivan Burić

Zagreb, godina 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Doc. dr. sc. Goran Krajačić, dipl. ing.

Student:

Ivan Burić

Zagreb, godina 2017.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Goranu Krajačiću na stručnim savjetima i pomoći. Zahvaljujem se i kolegi Nikoli Mataku mag. ing. mech., stručnom suradniku, na posvećenom trudu i vremenu te svakodnevnoj dostupnosti i spremnosti za pomoć.

Zahvaljujem se projektu PRISMI, sufinanciranom iz programa Interreg MED i projektu RESFLEX, financiranom od strane Hrvatske zaklade za znanost u sklopu kojih je dobiven pristup podacima potrebnim za modeliranje energetskeg sustava otoka Korčule. Bez ovih podataka do izrade ovog rada ne bi došlo.

Zahvaljujem se i HEP ODS-u Elektrojug Dubrovnik na ustupljenim podacima pomoću kojih je izrađen ovaj rad.

Zahvaljujem se i svojim roditeljima Mili i Gordanu, braći Luki i Slavku te djevojci Evi na potpori tijekom cijelog mog studija, a naročito za vrijeme pisanja diplomskog rada.

Na kraju, hvala i mom nebeskom zaštitniku sv. Josipu.

Ivan Burić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur. broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Ivan Burić**

Mat. br.: 0035182924

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Uloga energetske zadruga i zajednica u solarizaciji otoka Republike Hrvatske**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Role of Energy Cooperatives and Communities in the Solarisation of the Croatian Islands**

Opis zadatka:

Unatoč znatnoj količini dozirane Sunčeve energije, Republika Hrvatska proizvodi najmanje energije iz fotonaponskih sustava od usporedivih zemalja EU. Republika Hrvatska se nalazi na petom mjestu po kumulativno najmanje instaliranih kapaciteta fotonaponskih sustava, a zemlje unutar EU s manje instaliranih kapaciteta su Finska, Estonija, Irska i Latvija, koje imaju znatno lošije klimatske uvjete. „Zimski paket“ EU predstavlja prijedlog novih mjera za energetske tranzicije prema čistim i prihvatljivijim energetske sustavima. U paketu se navodi nekoliko mjera koje trebaju ojačati potrošače, omogućiti im da proizvode vlastitu energiju te zajedno s ostalim potrošačima kroz razne oblike udruživanja preuzmu kontrolu nad lokalnom distribucijom, proizvodnjom i skladištenjem energije. Na primjeru energetske sustava otoka Korčule potrebno je provesti analizu moguće solarizacije energetske sustava uz modele financiranja koje predviđa zimski paket. U diplomskom radu potrebno je:

1. Napraviti pregled modela za energetske zadruga, lokalne energetske zajednice prema zimskom paketu i druge oblike za promociju instalacije fotonaponskih sustava.
2. Odabrati poslovni model i napraviti matematički proračun financiranja i investicija u fotonaponski sustav te trgovanja proizvedenom energijom. Koristiti krivulje opterećenja i mjesečne potrošnje za karakteristične skupine potrošača.
3. Napraviti simulaciju izvedbenog modela solarizacije u periodu od 2020. do 2030. godine uz pretpostavke modela iz 2. Potrebno je odrediti broj krovova i instaliranu snagu za kuće, javne zgrade, poslovne i industrijske objekte za otok Korčulu. Provesti analizu tehničkih, ekonomskih i socijalnih parametara.
4. Ispitati utjecaj električnih vozila na poslovni model i isplativost PV sustava uz pretpostavku broja punionica i električnih vozila. Ispitati rezultate za različite načine punjenja i isplativost ako su vozila u vlasništvu zadruga. Trošak baterije ide na teret vozila.
5. Izračunati i navesti uštede za kućanstvo u slučaju korištenja različitih kombinacija fotonaponskih sustava i električnih vozila.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

28. rujna 2017.

Zadatak zadao:

Doc. dr. sc. Goran Krajačić

Datum predaje rada:

30. studenog 2017.

Predviđeni datum obrane:

6., 7. i 8. prosinca 2017.

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Energetske zadruge	2
1.1.1. Potrošačke energetske zadruge	4
1.1.2. Investicijske energetske zadruge.....	6
1.1.3. Investicijsko-partnerske energetske zadruge	7
1.2. Lokalne energetske zajednice	8
1.3. Energetske zadruge u EU	9
1.4. Drugi oblici promocije OIE	10
1.4.1. Zajamčene (feed-in) tarife.....	10
1.4.2. Zeleni certifikati u kombinaciji s obveznim udjelima.....	10
1.4.3. Sustav javnih natječaja	11
1.4.4. Subvencije investicija.....	11
1.4.5. Fiskalne mjere	11
2. MODELI.....	12
2.1. Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom.....	12
2.2. Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi	14
2.3. Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici	15
2.4. Izvedbeni model solarizacije.....	15
2.5. Utjecaj električnih vozila na poslovni model i isplativost PV sustava	17
2.5.1. Sustav bez električnih vozila.....	18
2.5.2. Sustav s nereguliranim načinom punjenja električnih vozila.....	19
2.5.3. Sustav s pametnim načinom punjenja električnih vozila	19
2.5.4. Sustav s V2G načinom punjenja električnih vozila	19
2.5.5. Uštede računate s obzirom na promjenu u iznosima preuzete i predane električne energije iz mreže	20
2.5.6. Uštede računate s obzirom na promjene u gubicima u mreži	20
3. PODACI	21
3.1. Kućanstva.....	21
3.2. Malo poduzetništvo.....	23
3.3. Srednje poduzetništvo	24
3.4. Javna rasvjeta	25
3.5. Izvedbeni model solarizacije.....	26
3.6. Utjecaj električnih vozila na poslovni model i isplativost PV sustava	30
3.6.1. Sustav bez električnih vozila.....	31
3.6.2. Sustav s nereguliranim (dump) načinom punjenja električnih vozila.....	32
3.6.3. Sustav s pametnim (smart) načinom punjenja električnih vozila.....	33
3.6.4. Sustav s V2G načinom punjenja električnih vozila	33
3.6.5. Uštede računate s obzirom na promjene u gubicima u mreži	34
4. REZULTATI I ANALIZA	35
4.1. Kućanstva.....	35
4.1.1. Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom.....	36
4.1.2. Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi	37
4.1.3. Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici	38

4.1.4. Usporedba svih modela za sektor kućanstva.....	39
4.2. Malo poduzetništvo.....	40
4.2.1. Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom.....	41
4.2.2. Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi	42
4.2.3. Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici	42
4.2.4. Usporedba svih modela za sektor malog poduzetništva.....	42
4.3. Srednje poduzetništvo	43
4.3.1. Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom.....	44
4.3.2. Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi	44
4.3.3. Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici	45
4.3.4. Usporedba svih modela za sektor srednjeg poduzetništva.....	45
4.4. Javna rasvjeta	46
4.4.1. Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom.....	48
4.4.2. Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi	49
4.4.3. Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici	49
4.4.4. Usporedba svih modela za sektor javne rasvjete.....	50
4.6. Izvedbeni model solarizacije.....	50
4.7. Utjecaj električnih vozila na poslovni model i isplativost PV sustava	56
4.7.1. Sustav bez električnih vozila.....	57
4.7.2. Sustav s nereguliranim (dump) načinom punjenja električnih vozila.....	59
4.7.3. Sustav s pametnim (smart) načinom punjenja električnih vozila.....	61
4.7.4. Sustav s V2G načinom punjenja električnih vozila	64
4.7.5. Uštede računate s obzirom na promjene u gubicima u mreži	67
5. ZAKLJUČAK.....	69
6. LITERATURA	73

POPIS SLIKA

Slika 1.	Porast iskorištavanja obnovljivih izvora energije	1
Slika 2.	Porast udjela energije Sunca u korištenju obnovljivih izvora energije	1
Slika 3.	Udio PV-a u potrošnji električne energije za zemlje EU	2
Slika 4.	Model potrošačke energetske zadruge [10]	5
Slika 5.	Model investicijske energetske zadruge [10]	6
Slika 6.	Model investicijsko partnerske energetske zadruge [10]	8
Slika 7.	Krivulja brzine instaliranja u izvedbenom modelu	16
Slika 8.	Shema naprednog energetskog sustava u EnergyPLAN-u	17
Slika 9.	Krivulja prosječnih satnih vrijednosti sunčevog zračenja za otok Korčulu	21
Slika 10.	Krivulja prosječnih satnih vrijednosti potrošnje električne energije jednog kućanstva na otoku Korčuli u 2016. godini	22
Slika 11.	Krivulja prosječnih satnih vrijednosti potrošnje električne energije jednog malog poduzetnika na otoku Korčuli u 2016. godini	23
Slika 12.	Krivulja prosječnih satnih vrijednosti potrošnje električne energije jednog srednjeg poduzetnika na otoku Korčuli u 2016. godini	24
Slika 13.	Mjesečna potrošnja električne energije za javnu rasvjetu na otoku Korčuli u 2016. godini	25
Slika 14.	Kretanje broja kućanstava za svako naselje otoka Korčule u razdoblju od 2011. do 2030. godine	26
Slika 15.	Kretanje broja poslovnih objekata za svako naselje otoka Korčule u razdoblju od 2016. do 2030. godine	27
Slika 16.	Pretpostavljena krivulja brzine implementacije PV sustava u sektor kućanstva ...	28
Slika 17.	Iznosi potrošnje energije u sektoru transporta za sustav bez EV-a	32
Slika 18.	Iznosi potrošnje energije u sektoru transporta u sustavu s dump punjenjem EV-a	33
Slika 19.	Pokrivenost potrošnje električne energije vlastitom proizvodnjom za kućanstvo	35
Slika 20.	Mjesečni iznosi električne energije predane u mrežu	36
Slika 21.	Usporedba mjesečnih troškova modela krajnjeg kupca i modela kućanstva bez PV panela	37
Slika 22.	Usporedba mjesečnih troškova u slučaju smanjenja iznosa naknade za mrežu	38
Slika 23.	Usporedba mjesečnih troškova u slučaju povećanja iznosa naknade za mrežu	39
Slika 24.	Pokrivenost potrošnje električne energije vlastitom proizvodnjom za sektor malog poduzetništva	40
Slika 25.	Usporedba mjesečnih troškova modela krajnjeg kupca i modela malog poduzetnika bez PV panela	41
Slika 26.	Pokrivenost potrošnje električne energije vlastitom proizvodnjom za sektor srednjeg poduzetništva	43
Slika 27.	Usporedba mjesečnih troškova modela krajnjeg kupca i modela srednjeg poduzetnika bez PV sustava	44
Slika 28.	Pokrivenost potrošnje električne energije vlastitom proizvodnjom za sektor javne rasvjete	46
Slika 29.	Iznosi viškova proizvedene električne energije predane u mrežu u sektoru javne rasvjete	47
Slika 30.	Neusklađenost vremena proizvodnje i potrošnje električne energije za sektor javne rasvjete	47

Slika 31.	Krivulja proizvodnje i potrošnje električne energije u sektoru javne rasvjete u razdoblju od 7 do 19 sati ljetnog dana.....	48
Slika 32.	Usporedba mjesečnih troškova modela krajnjeg kupca s modelom javne rasvjete bez PV sustava.....	49
Slika 33.	Mjesečni iznosi naknade za energiju predanu mreži.....	49
Slika 34.	Ukupno instalirane snage PV sustava prema izvedbenom modelu za razdoblje od 2020. do 2030. godine	51
Slika 35.	Novoinstalirani PV sustavi po godinama za različite sektore	51
Slika 36.	Potrebna površina krovova za novoinstalirane PV sustave za razdoblje od 2020. do 2030. godine	52
Slika 37.	Godišnja potreba za radnicima na puno radne vrijeme za instalaciju PV sustava snage 11,68 MW.....	53
Slika 38.	Godišnji troškovi za razdoblje od 2019. do 2030. godine.....	54
Slika 39.	Troškovi vođenja i održavanja za cijeli životni vijek instaliranog PV sustava.....	54
Slika 40.	Godišnje uštede ostvarene implementacijom 11,68 MW fotonaponskih panela ..	56
Slika 41.	Pokrivenost potrošnje električne energije vlastito proizvedenom električnom energijom iz PV panela u slučaju sustava bez električnih vozila.....	58
Slika 42.	Električna energija predana u mrežu u slučaju sustava bez električnih vozila.....	58
Slika 43.	Satne krivulje preuzete i predane električne energije u sustavu bez EV-a.....	59
Slika 44.	Pokrivenost potrošnje električne energije vlastito proizvedenom električnom energijom iz PV panela u slučaju <i>dump</i> načina punjenja električnih vozila	59
Slika 45.	Električna energija predana u mrežu u slučaju <i>dump</i> punjenja EV-a.....	59
Slika 46.	Satne krivulje preuzete i predane električne energije u sustavu s <i>dump</i> punjenjem EV-a.....	60
Slika 47.	Mjesečni troškovi za kućanstvo koje EV puni <i>dump</i> načinom punjenja.....	61
Slika 48.	Pokrivenost potrošnje električne energije vlastito proizvedenom električnom energijom iz PV panela u slučaju <i>smart</i> načina punjenja električnih vozila.....	62
Slika 49.	Električna energija predana u mrežu u slučaju <i>smart</i> punjenja EV-a	62
Slika 50.	Satne krivulje preuzete i predane električne energije u slučaju <i>smart</i> punjenja EV-a	63
Slika 51.	Mjesečni troškovi za kućanstvo koje EV puni <i>smart</i> načinom punjenja	64
Slika 52.	Pokrivenost potrošnje električne energije vlastito proizvedenom električnom energijom iz PV panela u slučaju V2G načina punjenja električnih vozila	65
Slika 53.	Električna energija predana u mrežu u slučaju V2G punjenja EV-a.....	65
Slika 54.	Satne krivulje preuzete i predane električne energije u slučaju V2G punjenja EV-a	66
Slika 55.	Mjesečni troškovi za kućanstvo koje EV puni V2G načinom punjenja.....	67

POPIS TABLICA

Tablica 1. Različite vrijednosti preuzete električne energije u modelu krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom [23]	13
Tablica 2. Pretpostavke u modelu za kućanstva	22
Tablica 3. Tarifne stavke za plavi tarifni model kategorije kućanstvo	22
Tablica 4. Pretpostavke u modelu za malo poduzetništvo	23
Tablica 5. Tarifne stavke za plavi tarifni model kategorije poduzetništvo	23
Tablica 6. Pretpostavke u modelu za srednje poduzetništvo	24
Tablica 7. Tarifne stavke za bijeli tarifni model srednjeg napona kategorije poduzetništvo ...	25
Tablica 8. Pretpostavke u modelu za javnu rasvjetu	25
Tablica 9. Tarifne stavke za žuti tarifni model kategorije poduzetništvo	26
Tablica 10. Kretanje broja kućanstava za svako naselje otoka Korčule u razdoblju od 2020. do 2030. godine	27
Tablica 11. Kretanje broja poslovnih objekata za svako naselje otoka Korčule u razdoblju od 2016. do 2030. godine	28
Tablica 12. Podaci korišteni za računanje tehničkih i socijalnih parametara izvedbenog modela	29
Tablica 13. Najprodavaniji električni automobili u Europi	30
Tablica 14. Najprodavaniji automobili u Hrvatskoj u 2016. godini	31
Tablica 15. Podaci o gubicima u mreži za Republiku Hrvatsku	34
Tablica 16. Usporedba pokazatelja isplativosti za sektor kućanstva	39
Tablica 17. Usporedba pokazatelja isplativosti za sektor malog poduzetništva	42
Tablica 18. Usporedba pokazatelja isplativosti za sektor srednjeg poduzetništva	45
Tablica 19. Usporedba pokazatelja isplativosti za sektor javne rasvjete	50
Tablica 20. Rezultati za automobile s motorima s unutarnjim izgaranjem	56
Tablica 21. Promjena iznosa preuzete i predane električne energije po mjesecima u slučaju <i>dump</i> punjenja EV-a	60
Tablica 22. Promjena iznosa preuzete i predane električne energije po mjesecima u slučaju <i>smart</i> punjenja EV-a	63
Tablica 23. Promjena iznosa preuzete i predane električne energije po mjesecima u slučaju V2G punjenja EV-a	66
Tablica 24. Ušteda u troškovima za gubitke u mreži	68
Tablica 25. Pregled ušteda za kućanstvo za različite kombinacije korištenja PV sustava i EV-a	69

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
OIE		obnovljivi izvori energije
PV sustavi		fotonaponski sustavi
EU		Europska Unija
NIMBY		ne u mom dvorištu (eng. Not in my backyard)
CO ₂		ugljični dioksid
E _{PV}	kWh	električna energija proizvedena u PV sustavima
G _i	W/m ²	solarno zračenje
η	%	efikasnost PV panela
A	m ²	ukupna površina PV panela u instaliranom sustavu
E _{višak}	kWh	višak električne energije
E _{potrošnja}	kWh	potrošnja električne energije
E _{vlastito}	kWh	dio potrošnje električne energije pokriven vlastitom proizvodnjom
E _{preuzeto}	kWh	električna energija preuzeta iz mreže
C _i	kn/kWh	vrijednost električne energije preuzete od krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom
E _p	kWh	ukupna električna energija preuzeta iz mreže od strane kupca
E _i	kWh	ukupna električna energija isporučena u mrežu od strane kupca
PKC _i	kn/kWh	prosječna jedinična cijena električne energije
NPV	kn	neto sadašnja vrijednost
C _n	kn	tok novca u periodu n
r	%	diskontna stopa
n		broj perioda
N		ukupan broj perioda
I	kn	investicijski trošak
IRR	%	unutarnja stopa povrata
JPP	god	jednostavan period povrata
V2G		vozilo na mrežu način punjenja (engl. <i>vehicle-to-grid</i>)
EV		električno vozilo
E _{supply}	kWh	električna energija strane dobave i proizvodnje
E _{grid}	kWh	električna energija iz mreže
E _{demand}	kWh	ukupna potrošnja energije
E _{elec_demand}	kWh	potrošnja električne energije
E _{diesel}	kWh	potrošnja energije iz dizela
E _{petrol}	kWh	potrošnja energije iz benzina

E_{EV}	kWh	potrošnja energije u električnim vozilima
ΔT_{gubici}	kn	Ušteda u troškovima vezanim uz gubitke u mreži
ΔE_{gubici}	kWh	Ušteda u gubicima u prijenosu i distribuciji električne mreže
HEP		Hrvatska Elektroprivreda
HEP – ODS		HEP – Operator distribucijskog sustava
FTE		broj radnih mjesta na puno radno vrijeme (eng. Full time equivalent)
O&M		vođenje i održavanje
DNŽ		Dubrovačko-neretvanska županija

SAŽETAK

U ovom radu prikazana je provedba analize moguće solarizacije energetske sustava uz modele financiranja prema „Zimskom paketu“ Europske Unije. Analiza je napravljena na primjeru otoka Korčule. U prvom dijelu rada opisane su karakteristike funkcioniranja energetske zadruge i lokalne energetske zajednice, a dan je i pregled drugih oblika promocije OIE. Razvijeni su modeli prema kojima je izračunata isplativost postavljanja fotonaponskih sustava za karakteristične skupine potrošača. Dan je pregled podataka o potrošnji karakterističnih skupina i ostalih podataka na osnovu kojih je izračunata isplativost modela.

U drugom dijelu prikazani su rezultati analize o utjecaju članstva u energetske zadruge i lokalnim energetske zajednicama na isplativost postavljanja fotonaponskih sustava za karakteristične skupine. Izračunate su potrebne površine, broj novootvorenih radnih mjesta te isplativost u slučaju solarizacije svakog stambenog i radnog objekta na otoku Korčuli. Analiziran je utjecaj električnih vozila na poslovni model za različite vrste punjenja električnih vozila te su pokazane uštede za kućanstvo za različite kombinacije korištenja fotonaponskog sustava s električnim vozilom.

Pokazano je da je najisplativije projekt instaliranja fotonaponskog sustava na krov kućanstva realizirati kroz model članstva u energetske zadruge (IRR = 12,82 %), dok električno vozilo ne utječe znatno na isplativost projekta (iznos IRR-a se za različite načine punjenja EV-a kreće od 12,50 % do 13,20 %). Izračunato je da bi se solarizacijom otoka Korčule uz uvjete i pretpostavke izražene u ovom radu, stvorila potreba za 8 novih radnih mjesta na puno vrijeme. Zaključeno je da energetske zadruge mogu imati povoljan utjecaj na solarizaciju otoka, ali da postoji još prostora za napredak, prvenstveno kroz uvođenje modela neto mjerenja (*engl. net metering*).

Ključne riječi: energetske zadruge, lokalne energetske zajednice, otok Korčula, fotonaponski sustavi, električna vozila

SUMMARY

In this paper, an analysis of possible solarisation of energy systems based on financial models presented in Winter package of European Union has been demonstrated. The analysis was conducted for the island of Korčula. In the first part, a functioning of the renewable energy cooperatives and local energy communities have been described, along with other forms of RES promotion. Models for calculating a profitability of PV systems for specific groups of consumers were developed. Overview of energy consumption data for specific groups of consumers and other data for calculating model profitability was given.

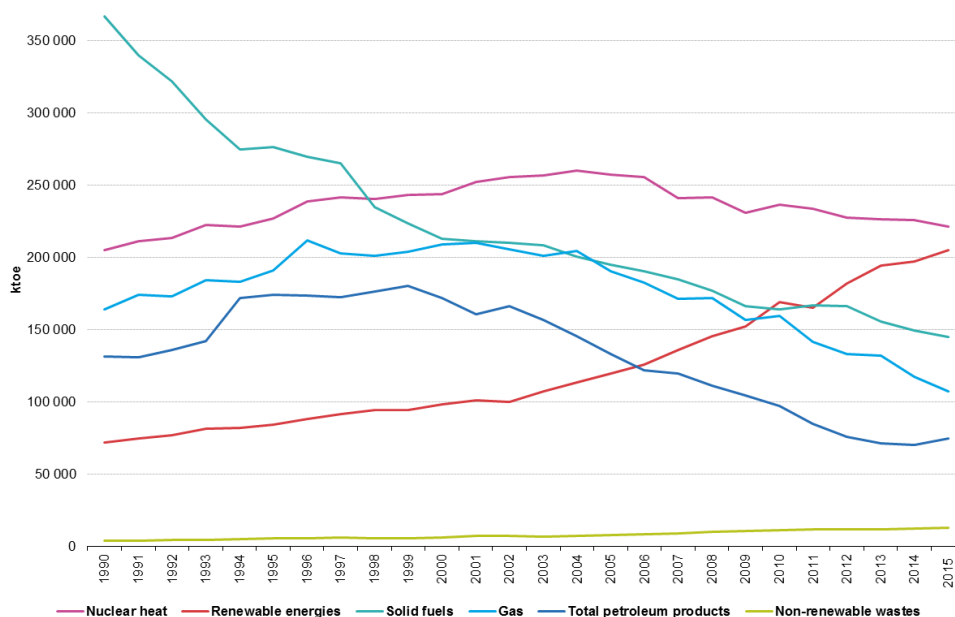
In the second part of the paper, results of analysis of RES cooperative memberships impact on the profitability of PV projects have been presented. Required area for installation of PV systems, number of new full-time jobs and profitability in case of solarisation of every residential and working facility of the island of Korčula were calculated. Influence of electric vehicles on the business model for several types of EV charging was analysed and household savings for different combinations of PV and EV use were shown.

It was shown that the most profitable way of installing PV system on a household is through a model of RES cooperative membership ($IRR = 12,82 \%$) and that the use of EV in the household has a negligible impact on the profitability of the project (IRR varies from $12,50 \%$ to $13,20 \%$ for different types of EV charging). It was calculated that with the solarisation of the island of Korčula based on conditions and assumptions described in this paper, a need for 8 new full-time jobs will be created. The conclusion is that the RES cooperatives could have a positive impact on the solarisation of islands, but there is still some room for improvements, especially through the introduction of a net-metering model.

Key words: renewable energy cooperatives, local energy communities, island of Korčula, photovoltaic systems, electric vehicles

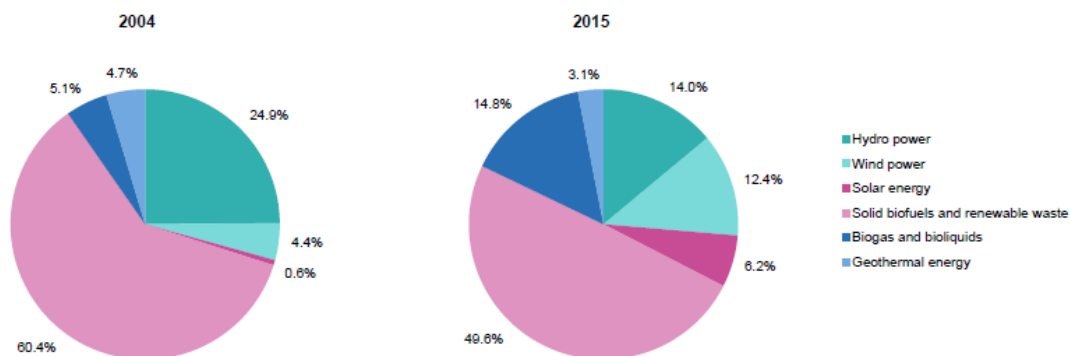
1. UVOD

Potaknuti svjesnosti o negativnom utjecaju na okoliš i klimatskim promjenama uzrokovanim korištenjem energije iz neobnovljivih izvora energije, energetske trendovi u Europskoj Uniji pokazuju rast iskorištavanja energije iz obnovljivih izvora kao što su energija vode, Sunca, vjetera i sl. Na sljedećoj slici [1] vidljivo je kako su obnovljivi izvori energije (OIE) jedini u stabilnom porastu, dok su drugi oblici energije u stagnaciji ili padu.



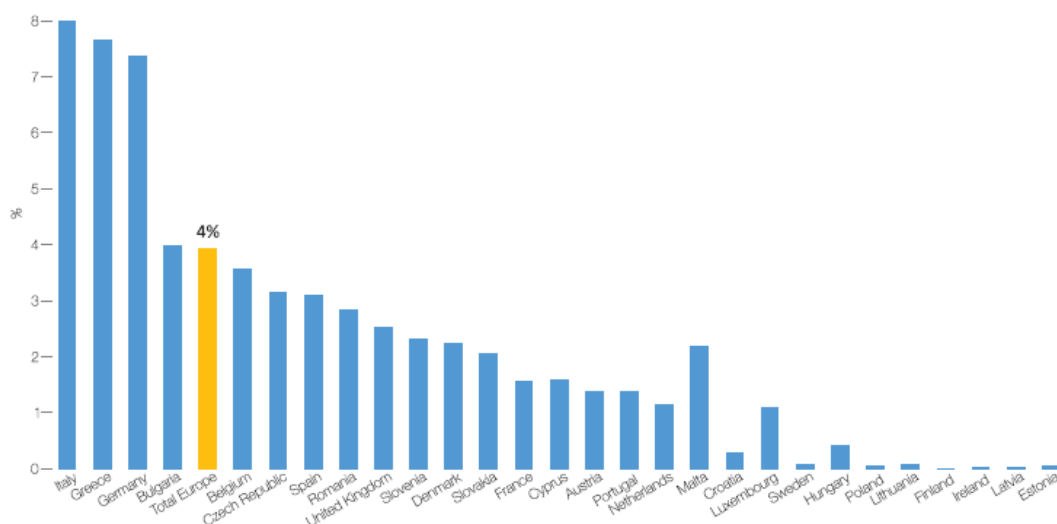
Slika 1. Porast iskorištavanja obnovljivih izvora energije

Jedan od najznačajnijih obnovljivih izvora energije je energija Sunca, a tehnologija iskorištavanja energije Sunca je najbrže rastuća tehnologija unutar OIE. Na sljedećoj slici [2] je vidljivo kako je u razdoblju od 2004. do 2015. godine tehnologija iskorištavanja Sunca porasla 10 puta, dok na drugom mjestu porast iskorištavanja energije vjetera iznosi oko 3 puta.



Slika 2. Porast udjela energije Sunca u korištenju obnovljivih izvora energije

Fotonaponski sustavi jedan su od glavnih načina iskorištavanja energije Sunca. Oni direktno pretvaraju sunčevu energiju u električnu energiju. Proces konverzije je zasnovan na fotoelektričnom efektu kojeg je otkrio Heinrich Rudolf Herz 1887., a prvi ga je objasnio Albert Einstein 1905. za što je dobio Nobelovu nagradu 1921. godine [3]. Fotonaponski sustavi na razini Europe pokrivaju oko 4 % potreba za električnom energijom što je prikazano na sljedećoj slici [4].



Slika 3. Udio PV-a u potrošnji električne energije za zemlje EU

Iako s velikim potencijalom u vidu visoke solarne ozračenosti [5], Republika Hrvatska se nalazi među zemljama s najmanjim udjelom PV-a u potrošnji električne energije. Zemlje EU-a sa sličnim postotkom su uglavnom sjevernije zemlje koje nemaju toliko sunčevog zračenja što pokazuje kako je loše iskorišten potencijal sunčevog zračenja u Hrvatskoj.

Jedan od načina kako bi se moglo povećati korištenje PV sustava u Hrvatskoj su energetske zadruge koje su u Europi pokazale dobar utjecaj na povećanje korištenja OIE. Preko njih se jača svjesnost lokalne zajednice o važnosti iskorištavanja OIE, smanjuje se negativan NIMBY efekt (engl. *"Not In My Back Yard"* – hrv. "Ne u mom dvorištu") te se povećava korist lokalne zajednice od korištenja OIE. U Njemačkoj energetske zadruge u svom vlasništvu imaju gotovo 60 % svih obnovljivih izvora energije, dok je u Danskoj taj postotak još i veći [6].

1.1. Energetske zadruge

Zadruge zajedno s Obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima (OPG), Ortaštvom Registra poreznih obveznika (RPO), Udrugama, Ustanovama, Zakladama i Fondacijama spadaju u treći pravno organizacijski oblik poduzetništva [7]. Zadruga je regulirana posebnim zakonom – Zakonom o zadrugama [8].

Zakon o zadrugama definira Zadrugu kao dragovoljno, otvoreno, samostalno i neovisno društvo kojim upravljaju njezini članovi, a svojim radom i aktivnostima ili korištenjem njezinih usluga, na temelju zajedništva i uzajamne pomoći ostvaruju, unapređuju i zaštićuju svoje pojedinačne i zajedničke gospodarske, ekonomske, socijalne, obrazovne, kulturne i druge potrebe i interese i ostvaruju ciljeve zbog kojih je zadruga osnovana.

Član zadruge može biti samo osoba koja neposredno sudjeluje u radu zadruge, koja posluje putem zadruge ili koristi njezine usluge ili na drugi način neposredno sudjeluje u ostvarenju ciljeva zbog kojih je zadruga osnovana. Udruživanjem u zadrugu povećava se pregovaračka moć zadrugara te je na taj način moguće ostvariti smanjenje ulaznih troškova. Dije se usluge kao što je vođenje knjiga vezanih uz zajednički poslovni pothvat te se time smanjuju fiksni troškovi zadrugara. Uz to, zadruga omogućuje stvaranje takozvanih "strojnih prstenova" u kojima zadrugari dijele vozila, proizvodne strojeve i ostalu opremu.

Zakonom su definirana i zadružna načela na osnovu kojih su uređeni odnosi između članova zadruge:

- dragovoljno i otvoreno članstvo – zadruge su otvorene prema svim osobama koje mogu koristiti njihove usluge i proizvode te koje su spremne prihvatiti odgovornosti koje sa sobom nosi članstvo u zadruzi bez obzira na spol, rasu, vjeru, političko opredjeljenje ili neki drugi oblik diskriminacije;
- nadzor poslovanja od strane članova – zadruge su demokratske organizacije u kojima članovi aktivno sudjeluju u stvaranju poslovne politike, donošenju odluka te nadzoru rada zadruge. Svi članovi imaju jednaka glasačka prava (jedan član – jedan glas);
- gospodarsko sudjelovanje članova zadruge i raspodjela – članovi sudjeluju u radu i doprinose razvoju zadruge prema vlastitim interesima i mogućnostima. Dio dobiti raspodjeljuju za razvitak zadruge i porast pričuva, a dio članovima razmjerno poslovanju sa zadrugom;
- samostalnost i neovisnost – zadruga se oslanja na rad svojih članova i zadružne resurse u pravnom prometu s drugim pravnim osobama i državnim tijelima;
- obrazovanje, stručno usavršavanje i informiranje članova zadruge – kako bi doprinijela vlastitom razvoju, zadruga provodi obrazovanje i stručno usavršavanje svojih članova, izabranih predstavnika, upravitelja i zaposlenika. Informira javnost, pogotovo mlade, o prednostima zajedničke suradnje;

- suradnja među zadrugama – zadruge su najučinkovitije kada se povezuju i surađuju na lokalnoj, regionalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini;
- briga za zajednicu – zadruga svojim poslovanjem pridonosi održivom razvoju okruženja i lokalne zajednice.

Poslovni modeli energetske zadruge temelje se na zadružnim principima koji naglašavaju razvoj zajednice. Profitabilnost i maksimalan povrat investicije nisu primarni motivi osnivanja energetske zadruge, one postoje kako bi ispunile potrebe svojih članova.

Poslovni modeli energetske zadruge u Europi temelje se na sljedećim ciljevima [9]:

- poticanje uključivanja građana u djelatnosti proizvodnje energije i vlasništvo nad takvim projektima;
- jačanje lokalne ekonomije kroz upotrebu lokalnih resursa, čime se omogućuje da lokalna zajednica ima izravnu korist od ovih projekata;
- poticanje članova energetske zadruge da budu efikasni u pogledu korištenja energije i resursa kroz različite edukativne aktivnosti.

U Hrvatskoj postoji nekoliko glavnih trendova razvoja energetske zadruge. Poslovni modeli ovih zadruge rezultat su postojećih zakonskih okvira koji ne dopuštaju razvijanje modela isključivo prema europskim načelima [10].

1.1.1. Potrošačke energetske zadruge

Potrošačke zadruge služe za zaštitu potrošača na tržištu. Ova vrsta zadruge okuplja potrošače (korisnike ili kupce) usluga koji ujedinjuju svoju tržišnu snagu s ciljem:

- zajedničkog nastupa prema opskrbljivačima;
- nabave jeftinijih i kvalitetnih roba i usluga;
- izbjegavanja posrednika;
- izravnog povezivanja potrošača s proizvođačima.

Trenutno najpoznatije energetske zadruge u Hrvatskoj – Energetska zadruga „Otok Krk“ [11] i „Energetska zadruga Lug“ [12] – djeluju sa svrhom pomaganja članova prilikom instalacije sunčanih elektrana na njihovim nekretninama, pri čemu osiguravaju jeftiniju nabavu komponenti, projektiranje sustava i usluge ishođenja dokumentacije.

Potrošačke zadruge sastavljene su od članova civilnog društva, lokalnih samouprava, lokalnih tvrtki i dr. koji zajedno pomažu lokalnom stanovništvu provesti razne energetske projekte. Dobit zadruge raspodjeljuje se sukladno Zakonu o zadrugama i to tako da se

najmanje 20 % dobiti ulaže u razvoj zadruga, 5 % se raspodjeljuje u obvezne pričuve dok iste ne dosegnu iznos uloga članova, a ostatak se raspodjeljuje članovima zadruga ili za neku drugu namjenu.

Prednosti ovakvog modela za članove su činjenica da je svaki član vlasnik vlastite elektrane te to da nisu obvezni biti aktivno uključeni u vođenje zadruga, a ipak primaju njezine usluge kao što su besplatna analiza potencijala za OIE na nekretnini, jeftinije ishodenje projektne dokumentacije i povoljnija nabava opreme. Nedostatak ovog modela je da se njime ne potiče zajedništvo zajednice zbog činjenice da članovi ne moraju biti aktivno uključeni u vođenje zadruga.

Na sljedećoj slici shematski je prikazan model potrošačke energetske zadruga.



Slika 4. Model potrošačke energetske zadruga [10]

Energetska zadruga „Otok Krk“ osnovana je 31. srpnja 2012. godine u prostorijama grada Krka od strane 19 osnivača pojedinaca, predstavnika udruga, otočnih lokalnih samouprava i komunalnog društva Ponikve d.o.o. koje pruža logističku podršku [11]. Osnovana je s ciljem da otok Krk postane energetski neovisan s nekoliko većih elektrana na obnovljive izvore energije u vlasništvu građana te mnoštvom malih decentraliziranih solarnih elektrana na krovovima. Kako bi ostvarila vlastiti cilj, zadruga je pokrenula edukaciju stanovnika i poduzetnika o važnosti i mogućnosti proizvodnje energije iz OIE, a uz to pomaže stanovništvu u nabavi i instaliranju elektrana na OIE po smanjenim cijenama. Zadruga je uz pomoć Ponikva d.o.o. [13] napravila strategiju Otoka Krka s nultom emisijom CO₂ [14], katastar krovova otoka Krka te preliminarne studije izvodljivosti za vjetroelektranu na otoku i

za izgradnju energane/toplane na biomasu. Uz to, izgradila je sunčanu elektranu snage 133 kW na krovu deponija otpada [15].

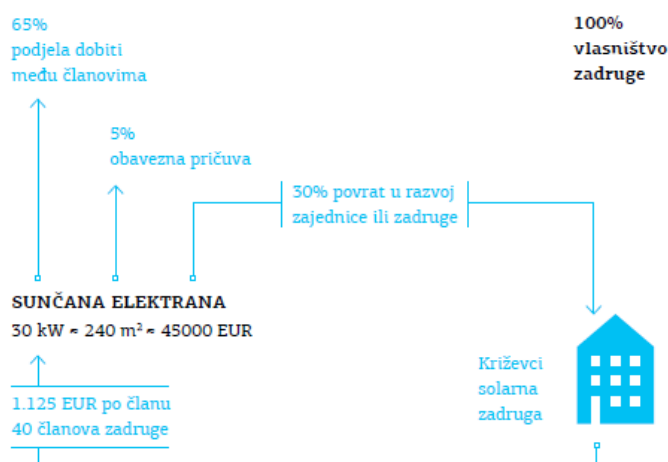
Socijalno-energetska zadruga Lug [16] osnovana je u svibnju 2013. godine te okuplja 10 gradova i općina, a broji 8 zadrugara, 6 fizičkih i 2 pravne osobe. Osnovana je kao rezultat niza inicijativa i projekata lokalne akcijske grupe Vallis Colapis [17]. Cilj zadruge je instalacija solarnih elektrana na području Pokuplja i Žumberka te je u prvom koraku napravljen popis zainteresiranih osoba pri čemu je 45 fizičkih i 8 pravnih osoba izrazilo zanimanje za projekt [15].

1.1.2. Investicijske energetske zadruge

Članovi lokalne zajednice skupljaju financijska sredstva radi zajedničke investicije u jedan projekt za kojeg se preporučuje da bude izveden na javnoj/neutralnoj površini radi očuvanja jednakosti svih članova. Iz tog razloga, svaki član zadruge investira jednaku količinu novca, dok članovi koji žele uložiti dodatna sredstva, ulažu višak u obliku zajma s niskom kamatnom stopom kojeg zadruga isplaćuje tijekom rada projekta za kojeg je dan zajam. Podjela dobiti vrši se sukladno Zakonu o zadrugama dok se ostatak raspodjeljuje članovima sukladno njihovom udjelu u investiciji.

Prednosti ovakvog modela za članove su smanjen rizik za pojedinca postignut zajedničkom investicijom, dok svaki član ima novi izvor prihoda. Uz to, elektrana je u potpunom vlasništvu članova zadruge. Nedostatak modela je mogućnost sporijeg razvoja zadruge zbog nedostatka stručnog kadra na lokalnoj razini te nužnost postojanja lokalnih vođa koji su spremni razvijati projekt tijekom duljeg vremenskog perioda.

Na sljedećoj slici shematski je prikazan model investicijske energetske zadruge.



Slika 5. Model investicijske energetske zadruge [10]

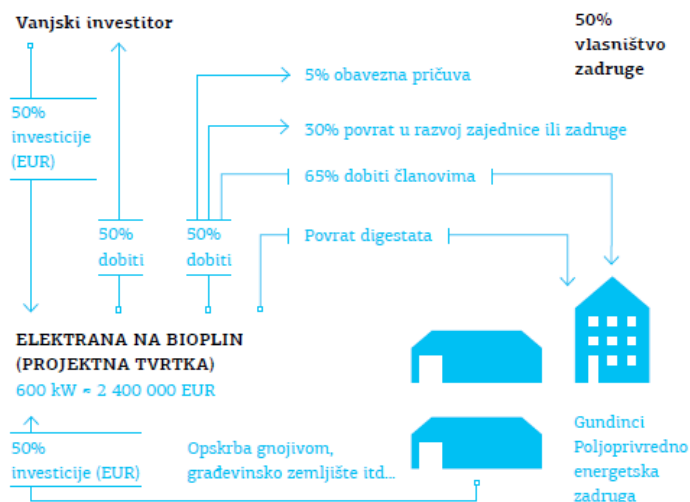
1.1.3. Investicijsko-partnerske energetske zadruge

Zbog manjka financijskih sredstava te značajnih investicijskih troškova postoji mogućnost da zadruge i lokalno stanovništvo nisu u mogućnosti financirati velike projekte OIE. Ulaskom vanjskog investitora u projekt, zadruge mogu podijeliti financijske troškove razvoja projekta. U ovom slučaju, vlasništvo i dobit dijele se na razmjerne dijelove.

S obzirom na zajedničku investiciju, ovakav projekt zahtijeva osnivanje posebne projektne tvrtke koja je odvojena od ostalog poslovanja zadruge. Ukoliko investitor i zadruga jednako dijele investicijske troškove i troškove razvoja projekta, sudjeluju u odlučivanju jednakim pravom glasa. Ukoliko je omjer u troškovima drugačiji, mijenja se i moć odlučivanja zadruge jer je u ovom modelu zadruga suvlasnik projektne tvrtke u kojoj vrijede pravila trgovačkog društva. U takvom društvu moć odlučivanja se temelji na veličini kapitalnog uloga, a ne na temelju pravila "jedan član – jedan glas". Zadruga ima pravo tražiti za vlastiti udio u vlasništvu mogućnost veta, pogotovo ako je udio veći od 25 %.

Prednosti ovakvog modela za članove su povećana stručnost koja je potrebna za razvoj projekta ukoliko investitor ima već iskustva s OIE. Također, olakšan je pristup financijskim sredstvima ukoliko je investitor poznat bankama ili ima izgrađen kredibilitet kroz uspješne poslovne aktivnosti. Uz to, prisustvo partnera s iskustvom može omogućiti financiranje uz manje kamatne stope jer banke tog partnera mogu tumačiti kao faktorom koji umanjuje rizik investicije. Nedostaci ovog modela su mogući sukobi na relaciji zadruga – investitor zbog različito postavljenih ciljeva. Naime, cilj zadruge je ispunjavanje potreba vlastitih članova, a cilj investitora je uvećanje financijskih dobitaka, a ta dva cilja ne idu nužno jedan uz drugog. Uz to, moguće su poteškoće u pronalasku investitora koji je voljan dijeliti ulog sa zadrugom i zajedno sudjelovati u odlučivanju.

Na sljedećoj slici shematski je prikazan model investicijsko partnerske energetske zadruge.



Slika 6. Model investicijsko partnerske energetske zadruge [10]

1.2. Lokalne energetske zajednice

Europska komisija je 30. studenog 2016. godine predstavila paket mjera kojim želi održati Europsku uniju konkurentnom tijekom tranzicije prema niskougljičnom gospodarstvu [18]. Europska unija treba biti lider u toj tranziciji, a kako bi to postigla dane su tri glavne smjernice: povećanje energetske učinkovitosti, globalno liderstvo u iskorištavanju OIE i pošten odnos prema potrošačima.

U Prijedlogu direktive Europskog parlamenta i Vijeća o zajedničkim pravilima za unutarnje tržište električne energije definirana je lokalna energetska zajednica kao udruženje, zadruga, partnerstvo, neprofitna organizacija ili drugi pravni subjekt pod stvarnom kontrolom lokalnih vlasnika udjela ili lokalnih članova, koji općenito nije usmjeren na stjecanje dobiti, nego na stvaranje vrijednosti, koji je uključen u distribuiranu proizvodnju i obavljanje djelatnosti operatora distribucijskog sustava, opskrbljivača ili agregatora na lokalnoj razini, uključujući u inozemstvu [19].

Operator distribucijskog sustava je pravna ili fizička osoba odgovorna za pogon, održavanje i razvoj distribucijskog sustava na danom području, opskrbljivač je pravna ili fizička osoba odgovorna za prodaju električne energije kupcima, a agregator je sudionik na tržištu koji kombinira opterećenja većeg broja kupaca ili proizvedenu električnu energiju radi prodaje, kupnje ili dražbe na bilo kojem organiziranom tržištu energije.

Države članice moraju osigurati da lokalne energetske zajednice:

- mogu posjedovati, uspostavljati ili iznajmljivati mreže zajednice i njima samostalno upravljati;

- mogu pristupiti svim organiziranim tržištima izravno ili putem agregatora ili opskrbljivača na nediskriminacijski način;
- kao krajnji kupci, proizvođači, operatori distribucijskih sustava ili agregatori nisu izloženi diskriminaciji u pogledu svojih aktivnosti, prava i obveza;
- podliježu pravednim, ujednačenim i transparentnim postupcima i naknadama koje odražavaju troškove.

Sudjelovanje u lokalnoj energetske zajednici je na dobrovoljnoj osnovi te je moguće napustiti lokalnu energetske zajednicu, a vlasnici udjela ili članovi lokalne energetske zajednice ne gube prava koja pripadaju kao kupcima iz kategorije kućanstva ili aktivnim kupcima.

1.3. Energetske zadruge u EU

Energetske zadruge u Europi se najviše bave proizvodnjom električne energije iz energije Sunca i vjetra, mjerama energetske učinkovitosti i distribucijom električne energije [20]. Poznata je federacija energetske zadruga REScoop.eu koja broji više od 1 500 energetske zadruga diljem EU te ima preko milijun članova [21]. REScoop.eu osnovan je 2013. godine i okuplja građane i osnažuje njihov glas u procesu energetske tranzicije k održivom društvu. REScoop.eu ima 4 glavna načina djelovanja:

- predstavljaju mišljenje građana i energetske zadruga donositeljima odluka na europskoj razini;
- pomažu u osnivanju novih energetske zadruga i opskrbljuju ih korisnim znanjem i kontaktima;
- pružaju usluge energetske zadrugama, naročito vezane uz različite financijske alate;
- promoviraju poslovne modele energetske zadruga diljem Europe.

Neke od energetske zadruga koje su članovi federacije REScoop.eu su:

- *Buergerwerke* – Njemačka
- *VESE* – Švicarska
- *Jurascic* – Francuska
- *Som Mobilitat* – Španjolska
- *Retenergie* – Italija
- *Courant d'Air* – Belgija
- Zelena energetske zadruga – Hrvatska
- *Sifnos Energy Cooperative* – Grčka

- *Coopernico* – Portugal
- *Middelgrunden* – Danska.

1.4. Drugi oblici promocije OIE

1.4.1. Zajamčene (feed-in) tarife

Dva su slična oblika poticaja kod zajamčenih (feed-in) tarifa: minimalna cijena otkupa električne energije i premija povrh tržišne cijene električne energije [22]. Minimalna cijena otkupa električne energije određuje se pomoću metodologije koju nalaže vlada određene države, a koju provodi regulatorni organ u vladi. Cijena koja se odredi, plaća se proizvođaču električne energije prema proizvedenoj količini električne energije.

Premija povrh tržišne cijene električne energije također se isplaćuje proizvođaču električne energije iz OIE. Fiksnu zajamčenu tarifu proizvođač električne energije iz OIE dobiva tijekom određenog niza godina. Inkrementalne troškove pokrivaju kupci električne energije. Inkrementalni troškovi predstavljaju razliku između stvarnih troškova u postrojenju OIE i cijene električne energije. Opskrbljivač električne energije obavezan je plaćati unaprijed određenu cijenu nezavisnom proizvođaču iz OIE, ali umanjenu za dio koji se plaća iz sredstava za feed-in tarife. Opskrbljivač tu cijenu ugrađuje u svoju ponudu na tržištu. Cijena se obično ugovara na dulji niz godina kako bi proizvođač imao stalan i siguran izvor prihoda [22].

Zajamčene tarife propisuju sljedeće obveze:

- obvezu operatora prijenosnog sustava i operatora distribucijskog sustava da priključe povlaštenog proizvođača na elektroenergetsku mrežu;
- obvezu otkupa električne energije proizvedene iz OIE;
- obvezu primjene tarifnog sustava za proizvodnju električne energije iz OIE.

1.4.2. Zeleni certifikati u kombinaciji s obveznim udjelima

Zeleni certifikati su u potpunosti tržišni model poticanja OIE koji su uvedeni u 6 država Europske Unije – Velika Britanija, Poljska, Švedska, Belgija, Rumunjska i Italija [22]. Oni ne uključuju nikakav oblik subvencija ili poticaja od države, nego je njihov temelj na obveznim kvotama koje propisuje država. Svaki opskrbljivač električne energije mora imati u svojoj ponudi određeni postotak iz OIE. Oni ne moraju sami proizvoditi električnu energiju iz OIE, već imaju mogućnost kupnje zelenih certifikata od nezavisnih proizvođača. Tako mogu podmiriti obvezu o minimalnom udjelu električne energije iz OIE u svojoj ponudi. Zelene certifikate izdaje poseban organ neovisan o proizvođačima i opskrbljivačima.

Proizvođači električne energije iz OIE prihod ostvaruju iz dva izvora:

- od električne energije prodane na tržištu po tržišnoj cijeni,
- od zelenih certifikata koje prodaju opskrbljivačima kako bi oni zadovoljili svoje obveze o minimalnom udjelu električne energije iz OIE u svojoj ponudi.

1.4.3. Sustav javnih natječaja

Sustav javnih natječaja (engl. *competitive bidding*) primjenjuju neke države koje raspisuje javne natječaje za potencijalne investitore ili proizvođače energije iz OIE. Prije svakog kruga licitacija vlada propisuje određene kriterije i odlučuje o svim važnim detaljima (npr. količina energije koja će se proizvoditi iz OIE, razina rasta kapaciteta ili proizvodnje tijekom vremena i sl.). Potencijalni investitori i proizvođači natječu se dajući ponude kojima udovoljavaju zadanim kriterijima uz minimalne troškove te ponuđač koji zadovolji sve kriterije po najnižoj cijeni dobiva dugoročni ugovor s državom koji mu jamči dogovorenu fiksnu tarifu [22].

1.4.4. Subvencije investicija

Jedna od prepreka prilikom izrade projekata vezanih uz OIE mogu biti visoki investicijski troškovi. Iz tog razloga neke države nude subvencije investicija (engl. *investment subsidies/grants*). Takve subvencije mogu biti u obliku niskih kamatnih stopa na kredite za izgradnju elektrana na OIE ili u obliku pokrića postotka troškova za izgradnju takvih elektrana [22].

1.4.5. Fiskalne mjere

Fiskalne mjere (engl. *tax incentives*) prisutne su u nekim državama u Europi te služe kao potpora obnovljivim izvorima energije. Mogu biti u raznim oblicima kao što su snižene porezne stope na električnu energiju, veće porezne stope na emisije CO₂, snižene rate PDV-a i potpuno izuzeće od plaćanja poreza [22].

2. MODELI

Kako bi se uloga energetske zadruge i lokalnih energetske zajednice na solarizaciju otoka Republike Hrvatske mogla kvantificirati, razvijeni su poslovni modeli pomoću kojih su provedeni matematički proračuni financiranja i investicija u fotonaponske sustave u slučajevima članstva u energetske zadruzi ili lokalnoj energetske zajednici. Napravljena je simulacija osmišljenog izvedbenog modela solarizacije za period od 2020. do 2030. godine. Ispitan je i utjecaj električnih vozila na izvedbeni model te su kvantificirane potencijalne uštede za kućanstvo za sustave s različitim kombinacijama fotonaponskih panela i električnih vozila. U ovom poglavlju objašnjen je način funkcioniranja svakog od modela te su navedene pretpostavke pomoću kojih su osmišljeni modeli.

2.1. Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom

Osmišljeni modeli članstva u potrošačkoj energetske zadruzi te članstva u lokalnoj energetske zajednici uspoređeni su s trenutno postojećim modelom krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom koji je definiran člankom 44. Zakona o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji [23]. Taj model koristi se za objekte koji žele postaviti fotonaponski sustav za pokrivanje vlastite potrošnje električne energije i to na način da im se računi smanjuju za iznos vlastito proizvedene električne energije, kao i za višak proizvedene električne energije prodane opskrbi.

Model računa proizvodnju električne energije na satnoj razini za referentnu godinu pomoću podataka o solarnom zračenju za svaki sat te godine. Količina proizvedene električne energije iz PV panela računa se prema sljedećoj jednadžbi:

$$E_{PV_i} = \sum_{i=1}^N \frac{G_i}{1000} * \eta * A \quad (1)$$

gdje su:

E_{PV_i} – proizvedena električna energija u razdoblju i , izražena u kWh;

G_i – solarno zračenje u razdoblju i , izraženo u W/m^2 ;

η – efikasnost fotonaponskog sustava, izražena u %;

A – ukupna površina fotonaponskih panela u instaliranom sustavu, izražena u m^2 .

U određenim satima vlastita proizvodnja električne energije može biti veća od vlastite potrošnje električne energije u tom satu te se višak proizvedene električne energije računa prema sljedećoj jednadžbi:

$$E_{višak_i} = E_{PV_i} - E_{potrošnja_i} \quad (2)$$

U tim satima višak se predaje mreži, a iznos vlastito pokrivena potrošnje u tim satima računa se prema sljedećoj jednadžbi:

$$E_{vlastito_i} = E_{PV_i} - E_{višak_i} \quad (3)$$

U ostalim satima, odnosno onda kada je proizvodnja električne energije iz PV panela manja od potrošnje električne energije, iznos vlastito pokrivena potrošnje jednak je iznosu proizvedene električne energije iz PV panela. Razlika između potrošnje električne energije i električne energije proizvedene iz PV panela u tim satima nadoknađuje se električnom energijom preuzetom iz mreže, prema sljedećoj jednadžbi:

$$E_{preuzeto_i} = E_{potrošnja_i} - E_{PV_i} \quad (4)$$

S obzirom da je obračunska jedinica mjesec, model zatim sumira dobivene satne vrijednosti za pojedine mjesece te računa iznose vlastito proizvedene električne energije, višak električne energije koji je predan u mrežu te iznos električne energije koji je potrebno preuzeti iz mreže kako bi se u potpunosti pokrila potrošnja električne energije.

Vrijednost električne energije predane u mrežu (višak) ovisi o omjeru preuzete i isporučene električne energije od strane kupca kako je vidljivo u sljedećoj tablici.

Tablica 1. Različite vrijednosti preuzete električne energije u modelu krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom [23]

Uvjet	Vrijednost preuzete električne energije
$E_{p_i} \geq E_{i_i}$	$C_i = 0,9 * PKC_i$
$E_{p_i} < E_{i_i}$	$C_i = 0,9 * PKC_i * E_{p_i}/E_{i_i}$

Pri tome su:

C_i – vrijednost električne energije preuzete od krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom unutar obračunskog razdoblja i , izražena u kn/kWh;

E_{p_i} – ukupna električna energija preuzeta iz mreže od strane kupca unutar obračunskog razdoblja i , izražena u kn/kWh¹;

¹ Mjerne jedinice su prepisane iz Zakona o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji. Za potrebe računanja vrijednosti preuzete električne energije (C_i) mjerna jedinica za E_{p_i} i E_{i_i} nije bitna jer se

E_{i_i} – ukupna električna energija isporučena u mrežu od strane kupca unutar obračunskog razdoblja i , izražena u kn/kWh¹;

PKC_i – prosječna jedinična cijena električne energije koju kupac plaća opskrbljivaču za prodanu električnu energiju, bez naknada za korištenje mreže te drugih naknada i poreza, unutar obračunskog razdoblja i , izražena u kn/kWh.

Na osnovu izračunatih vrijednosti za svaki mjesec, model računa troškove ovakvog sustava s fotonaponskim panelima te ih uspoređuje s troškovima modela koji podrazumijeva jednaku potrošnju električne energije, ali bez korištenja fotonaponskog sustava. Takav sustav sve svoje potrebe podmiruje preuzimanjem električne energije iz mreže te model lako računa ostvarenu godišnju uštedu naspram takvog sustava bez PV panela. Uz to, model računa i investicijske troškove za instaliranje fotonaponskog sustava te procjenjuje isplativost takvog projekta računanjem neto sadašnje vrijednosti (NPV) [24], unutarnje stope povrata (IRR) [25] i jednostavnog perioda povrata investicije (JPP) [26].

Neto sadašnja vrijednost (NPV) investicijskog projekta je razlika između sadašnje vrijednosti budućeg prihoda tog projekta i sadašnje vrijednosti njegovih budućih troškova. Računa se prema sljedećoj jednadžbi:

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} \quad (5)$$

Unutarnja stopa povrata (IRR) je ona stopa porasta koja izjednačava sadašnju vrijednost očekivanih troškova sa sadašnjom vrijednosti očekivanih prihoda. Matematički se može izraziti sljedećom jednadžbom:

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0 \quad (6)$$

Jednostavan period povrata investicije (JPP) je vrijeme koje je potrebno kako bi ostvarene uštede otplatele investicijski trošak nekog projekta. Računa se prema sljedećoj jednadžbi:

$$JPP = \frac{I}{C_n} \quad (7)$$

2.2. Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi

međusobno kratak taj omjer nema dimenzijsku veličinu. Ipak, bitno je naglasiti da je u Zakonu došlo do greške te da je električnu energiju potrebno izražavati u mjernim jedinicama za energiju, npr. kWh.

U usporedbi s modelom krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom, model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi ne donosi nikakve razlike vezane uz iznose proizvedene i preuzete električne energije u objektu, kao ni razlike u iznosima mjesečnih troškova i godišnje uštede koja se postiže instalacijom PV sustava. Njegova razlika očituje se u utjecaju na investicijske troškove koji su u modelu članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi manji naspram onih u modelu krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom. Razlog tomu je povećanje pregovaračke moći na tržištu ostvareno udruživanjem više kućanstava u potrošačku energetskej zadrugu. Tako je energetskej zadruga Otok Krk svojim članovima uspjela sniziti troškove fotonaponske opreme za 40 %, a troškove projektne dokumentacije sniziti za čak tri puta [27]. U ovom modelu pretpostavljeno je da su investicijski troškovi umanjeni za 30 % naspram referentnih zbog članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi.

Model tim troškovima zbraja i troškove učlanjivanja u zadrugu te zatim procjenjuje kako te razlike u investicijskim troškovima utječu na isplativost projekta računajući IRR, NPV i JPP.

2.3. Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici

Jednako kao i model članstva u energetskej zadruzi, model članstva u lokalnoj energetskej zajednici ne unosi nikakve promjene u računanje iznosa proizvedene i preuzete električne energije. Ipak, za razliku od modela članstva u energetskej zadruzi, unosi promjene u mjesečnim troškovima. Naime, članstvo u lokalnoj energetskej zajednici podrazumijeva i djelomično vlasništvo nad distribucijskom mrežom te se zbog toga mijenja iznos naknade za korištenje mreže. S obzirom da je teško pretpostaviti kretanje iznosa naknade za korištenje mreže, obrađena su dva rubna slučaja, 20 %-tno snižavanje naknade za korištenje mreže i 20 %-tno povećanje naknade za korištenje mreže.

Investicijski troškovi u ovom modelu jednaki su onima iz modela krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom, a na njih se još zbraja trošak članstva u lokalnoj energetskej zajednici čiji iznos ovisi o kojem sektoru je riječ. Model zatim računa isplativost za oba slučaja mijenjanja naknade za korištenje mreže računajući IRR, NPV i JPP za svaki.

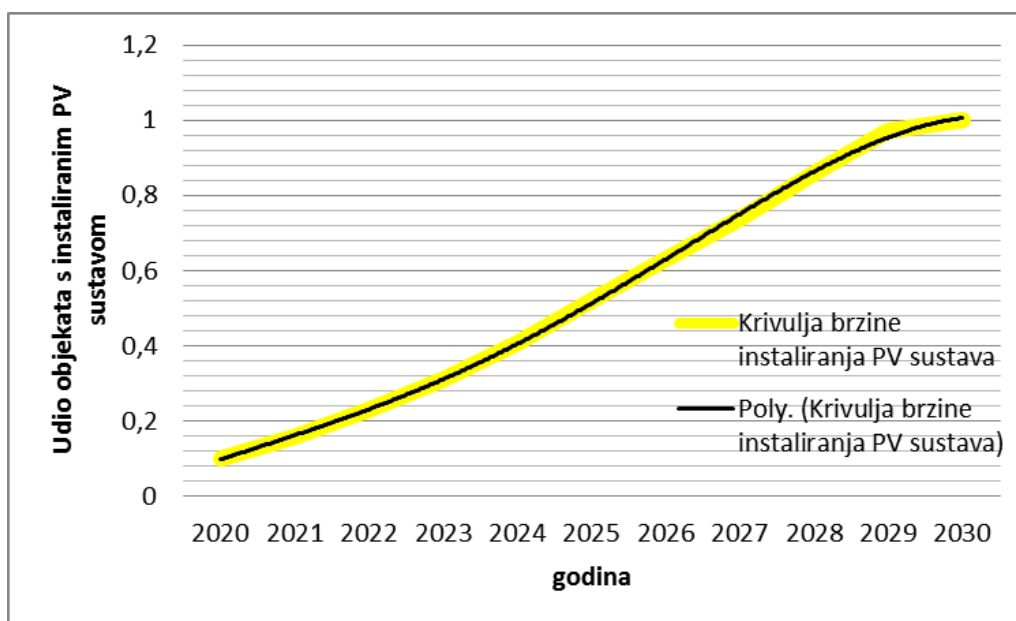
2.4. Izvedbeni model solarizacije

Izvedbeni model solarizacije u razdoblju od 2020. do 2030. godine napravljen je uz pretpostavku da će 2030. godine svako kućanstvo, javna zgrada, poslovni i industrijski objekt na otoku imati instaliran fotonaponski sustav na vlastitom krovu i to prema modelu koji je pokazao najbolji omjer isplativosti i sigurnosti za određeni sektor. Model je radi jednostavnosti u obzir uzeo samo one PV panele instalirane u tom razdoblju i radio projekciju

za životni vijek tih PV panela. Za pretpostaviti je da će kućanstva/poduzetnici koji su instalirali PV panele u tom razdoblju, nakon isteka životnog vijeka tih panela, postaviti nove, ali to ovaj model nije uzimao u obzir.

Model je u obzir uzeo demografska kretanja na otoku u posljednjih 25 godina te je prema trendovima u kretanju broja stanovnika određen broj kućanstava u navedenom razdoblju. Trendovi u kretanju broja stanovnika procijenjeni su na osnovu zadnja tri popisa stanovništva Hrvatske, a omjer broja stanovnika i broja kućanstava iz tih popisa je preslikan na procjene broja stanovnika u budućnosti. Broj poslovnih i industrijskih objekata određen je pomoću trendova u kretanju broja poduzetnika na otoku, dok je za javne zgrade pretpostavljeno da će njihov broj ostati konstantan u tom razdoblju.

Razrađena je krivulja brzine instaliranja fotonaponskih sustava pomoću koje su određene instalirane snage po sektorima, potrebna površina za toliku snagu PV panela, potreban broj krovova, broj potrebnih radnih sati za implementaciju tolike snage, broj novootvorenih radnih mjesta vezanih uz provedbu projekta te parametri isplativosti cjelokupnog projekta. Krivulja je prikazana žutom bojom na sljedećoj slici.



Slika 7. Krivulja brzine instaliranja u izvedbenom modelu

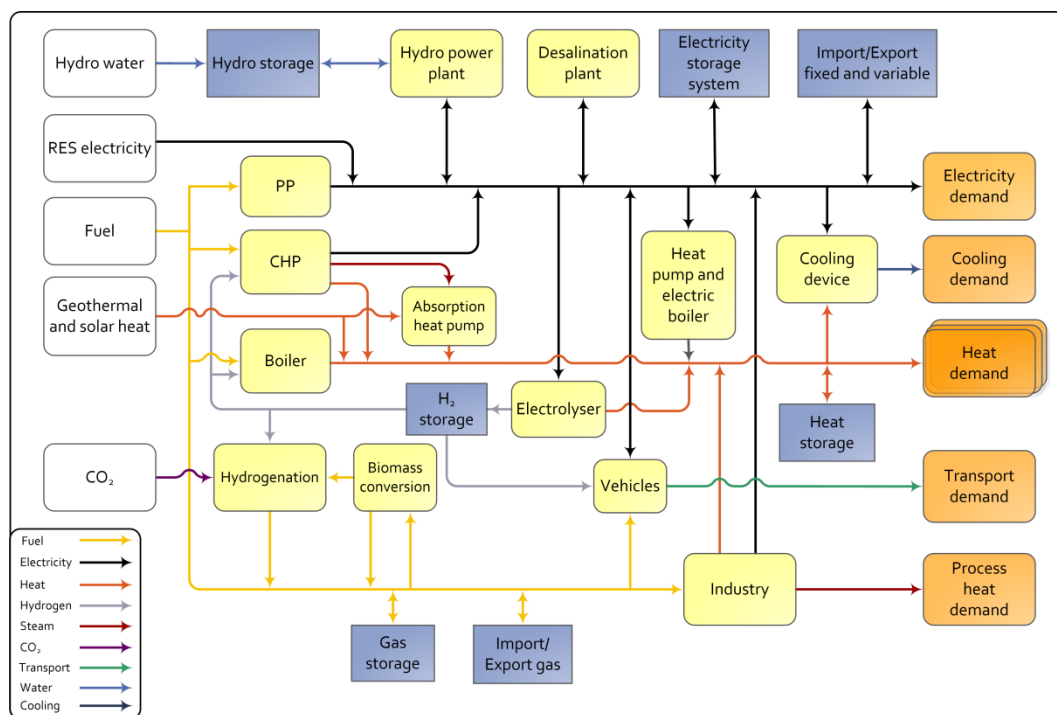
Krivulja je dizajnirana na način da u prvih nekoliko godina provedbe solarizacije otoka broj objekata s instaliranim sustavima raste za oko 6 %. Nakon 2023. godine godišnji rast iznosi oko 11 % i traje sve do posljednje godine u kojoj je pretpostavljeno da će preostalih 3 % objekata instalirati PV sustav. Krivulju je moguće aproksimirati polinomom 4. stupnja (crna linija) koji je detaljno prikazan sljedećom jednačbom:

$$y = -0,0001x^4 + 0,0025x^3 - 0,0093x^2 + 0,0771x + 0,0279 \quad (8)$$

Iako je izvedbeni model napravljen za razdoblje od 2020. do 2030. godine, parametri isplativosti (IRR i NPV) računati su uzevši u obzir životni vijek fotonaponskih sustava.

2.5. Utjecaj električnih vozila na poslovni model i isplativost PV sustava

Utjecaj električnih vozila na poslovni model i isplativost fotonaponskog sustava ispitan je pomoću programskog alata EnergyPLAN [28]. EnergyPLAN je razvijen od strane Istraživačke skupine za održivo energetske planiranje (engl. *Sustainable Energy Planning Research group*) sa Sveučilišta u Aalborgu u suradnji s PlanEnergi [29] i EMD International A/S [30]. EnergyPLAN provodi tehničke i tržišno-ekonomske analize služeći se kalkulacijama na satnoj razini za cijelu godinu. Na sljedećoj slici prikazana je shema naprednog energetskeg sustava kojeg je moguće modelirati u EnergyPLAN-u.



Slika 8. Shema naprednog energetskeg sustava u EnergyPLAN-u

Utjecaj električnih vozila na model i isplativost PV sustava ispitan je za različite načine punjenja električnih vozila – neregulirano (*dumpcharge*), pametno (*smartcharge*) i vozilo na mreži (engl. *vehicle-to-grid*; V2G) način punjenja koji su zatim uspoređeni s energetskeg sustavom u kojem su instalirani PV paneli, ali bez ikakve primjene električnih vozila u sustavu. Značaj veće implementacije električnih vozila u energetske sustave očituje se u mogućnosti skladištenja viška proizvedene električne energije iz intermitentnih obnovljivih izvora energije [31] što može omogućiti implementaciju veće snage proizvodnih

kapaciteta koji iskorištavaju OIE. Nakon usporedbe različitih načina punjenja EV-a sa sustavom bez EV-a, uštede ostvarene implementiranjem električnih vozila preslikane su na primjer kućanstva kako bi se izračunalo ostvaruju li se dodatne uštede u kućanstvu korištenjem električnog vozila u njemu te koliko te uštede iznose za svaki način punjenja EV-a u kućanstvu. Uštede su računate s obzirom na promjene u iznosima preuzete i predane električne energije u mrežu te s obzirom na promjene u gubicima u mreži.

Utjecaj električnih vozila na isplativost PV sustava mora se analizirati uzimajući u obzir sve troškove i uštede kućanstva s instaliranim PV panelima koje koristi električno vozilo. Uz već navedene troškove i uštede vezane uz promjene u iznosima preuzete i predane električne energije u mrežu, dodatni troškovi i uštede vezani su uz korištenje električnog vozila. Troškovi vezani uz korištenje električnog vozila su investicijski trošak za EV i trošak održavanja vozila, a uštede vezane uz korištenje EV-a su uštede u iznosima za gorivo. Ti troškovi i uštede računati su u odnosu prema troškovima jednog prosječnog auta s motorom na unutrašnje izgaranje te su na taj način računati parametri isplativosti korištenja električnog vozila u kućanstvu s instaliranim PV panelima.

2.5.1. Sustav bez električnih vozila

Osmišljen je model koji simulira rad energetskog sustava čija se strana proizvodnje i dobave električne energije (*supply*) sastoji od instaliranih PV panela određene snage, a ostatak potrošnje električne energije se namiruje uvozom električne energije iz elektroenergetske mreže.

$$E_{supply} = E_{PV} + E_{grid} \quad (9)$$

Strana potrošnje energije (*demand*) sastoji se od predviđene ukupne potrošnje električne energije na otoku te sektora transporta u kojem je potrošnja energije jednaka energiji goriva utrošenoj za funkcioniranje osobnih vozila na otoku. Potrošnja energije u sektoru transporta dijeli se prema vrsti goriva na energiju dobivenu iz dizela (E_{diesel}) i benzina (E_{petrol}).

$$E_{demand} = E_{elec_{demand}} + E_{diesel} + E_{petrol} \quad (10)$$

Ovaj model korišten je kao referentan model za usporedbu modela koji podrazumijevaju implementaciju određenog broja električnih vozila i naspram kojeg su računate uštede ostvarene u tim modelima.

2.5.2. Sustav s nereguliranim načinom punjenja električnih vozila

Neregulirano (*dump*) punjenje vozila je način punjenja kod kojeg nema izmjene informacija s mrežom. Onog trenutka kad se električno vozilo spoji na mrežu počinje punjenje na maksimalnom opterećenju, ili po potrebama krivulje snage punjenja same baterije, i traje dok se baterija ne napuni ili do trenutka kada korisnik ne prekine punjenje ranije. Ovaj model temelji se na navikama i potrebama vozača [32].

Strana proizvodnje i dobave električne energije (*supply*) se i u ovom slučaju sastoji od instaliranih PV panela i elektroenergetske mreže, a strana potrošnje (*demand*) energije od ukupne potrošnje električne energije i energije u sektoru transporta. Ipak, u ovom slučaju energija u sektoru transporta se ne sastoji samo od energije dobivene iz dizela i benzina, već i od električne energije utrošene u električnim vozilima kako je prikazano sljedećom jednadžbom:

$$E_{demand} = E_{elec_{demand}} + E_{diesel} + E_{petrol} + E_{EV} \quad (11)$$

Prilikom implementacije električnih vozila u sustav, pretpostavljeno je održanje istog broja prijeđenih kilometara osobnih vozila u godini. S obzirom da su EV učinkovitija od vozila na dizel ili benzin, ukupna potrošnja u sektoru transporta bit će manja nego u referentnom slučaju bez EV.

2.5.3. Sustav s pametnim načinom punjenja električnih vozila

Pametno (*smart*) punjenje odnosi se na kontrolirani proces punjenja koji optimizira korištenje mreže i raspoložive električne energije kako bi se smanjila dodatna ulaganja u mrežu i omogućila veća integracija OIE. Komunikacijski sustav s mrežom omogućuje postupak punjenja koji u obzir uzima mogućnosti mreže, a kontrolni mehanizam može biti omogućen pomoću mreže, mjesta punjenja ili od strane samog vozila. Kroz kontrolu punjenja moguće je odgoditi punjenje tijekom vršnih opterećenja elektroenergetskog sustava [32].

Strana proizvodnje i dobave električne energije, kao i strana potrošnje energije sustava jednake su sustavu s nereguliranim načinom punjenja. Isto vrijedi i za prijeđeni broj kilometara i potrošnju električne energije u sektoru transporta.

2.5.4. Sustav s V2G načinom punjenja električnih vozila

Vozilo na mreži (engl. *vehicle-to-grid*; V2G) način punjenja opisuje sustav u kojem električna vozila komuniciraju s elektroenergetskom mrežom isporukom električne energije u mrežu, prigušivanjem vlastite brzine punjenja ili odgađanjem perioda punjenja. Koncept omogućuje V2G vozilima da osiguraju električnu energiju kako bi se održala ravnoteža

opterećenja s "valley filling" (punjenje noću kad je potražnja niska) i "peglanje vršnog opterećenja" (slanje električne energije natrag u mrežu kad je potražnja visoka). Takva vrsta punjenja omogućuje veću integraciju OIE jer se njome stabilizira intermitentnost OIE [32].

Strana proizvodnje i dobave električne energije, strana potrošnje energije sustava i potrošnja električne energije u sektoru transporta jednaki su prethodno opisanim sustavima s EV.

2.5.5. Uštede računate s obzirom na promjenu u iznosima preuzete i predane električne energije iz mreže

Implementiranjem električnih vozila u sustav dolazi do povećanja potražnje za električnom energijom u sustavu, a time i do promjene iznosa električne energije preuzete iz elektroenergetske mreže. Isto tako, korištenjem EV-a kao spremnika za električnu energiju, dolazi i do promjena u iznosima električne energije predane elektroenergetskoj mreži. Promjene u tim iznosima preslikane su na razinu jednog kućanstva iz modela članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi. Tako su izračunate promjene u iznosima mjesečnih troškova kućanstva za električnu energiju preuzetu iz mreže te promjene u iznosima mjesečne naknade za električnu energiju predanu mreži. S obzirom da je u zadatku zadano da su EV u vlasništvu zadruge, ne dolazi do promjene u investicijskim troškovima kućanstva, već samo do promjene u iznosima godišnje uštede koju ostvaruje kućanstvo instaliranjem PV sustava i korištenjem električnog vozila te model na osnovu toga računa isplativost tog projekta.

2.5.6. Uštede računate s obzirom na promjene u gubicima u mreži

Implementiranjem fotonoaponskih panela i električnih vozila u sustav dolazi do promjena u iznosima predane i preuzete električne energije iz mreže. Zajedno s tim promjenama mijenja se i iznos gubitaka u prijenosu električne energije. Gubici u prijenosu su proporcionalno ovisni o ukupnom prometu na mreži, odnosno čine jedan udio ukupnog prometa u mreži. Model zatim lako računa uštedu u gubicima u prijenosu koristeći se sljedećom jednadžbom:

$$\Delta T_{gubici} = \Delta E_{gubici} * PKC_i \quad (12)$$

Pri tome su:

ΔT_{gubici} – ušteda u troškovima za gubitke u prijenosu električne energije, izražena u kn;

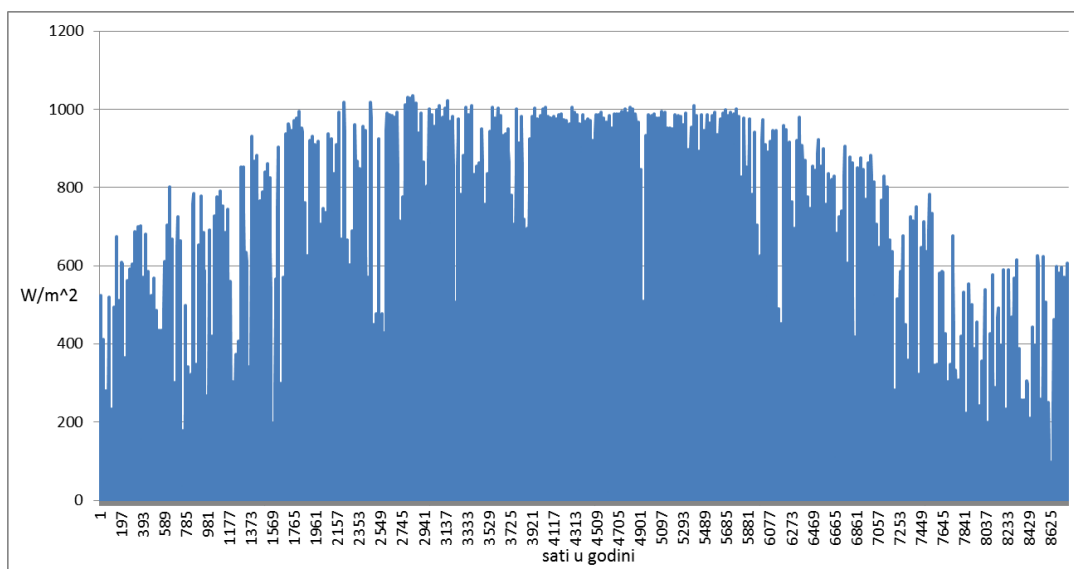
ΔE_{gubici} – razlika u količini gubitaka energije u prijenosu, izražena u kWh;

PKC_i – cijena električne energije, izražena u kn/kWh.

3. PODACI

Utjecaj energetske zadruge i lokalnih energetske zajednice na solarizaciju otoka Hrvatske procijenjeni su na primjeru otoka Korčule. Korčula s ukupno 2 671 sunčanim satom u godini [33] spada u najosunčanija područja u Republici Hrvatskoj i ima veliki potencijal u iskorištavanju sunčeve energije za proizvodnju električne energije. Modeli rade proračun za referentnu 2016. godinu na satnoj razini za svaku karakterističnu skupinu potrošača: kućanstva, javna rasvjeta, poduzetništvo 1 (malo poduzetništvo) i poduzetništvo 2 (srednje poduzetništvo) [34]. Iz tog razloga modelirane su potrošnje svake karakteristične skupine potrošača na osnovu dobivenih podataka od podružnice HEP-a Elektrojug Dubrovnik [35].

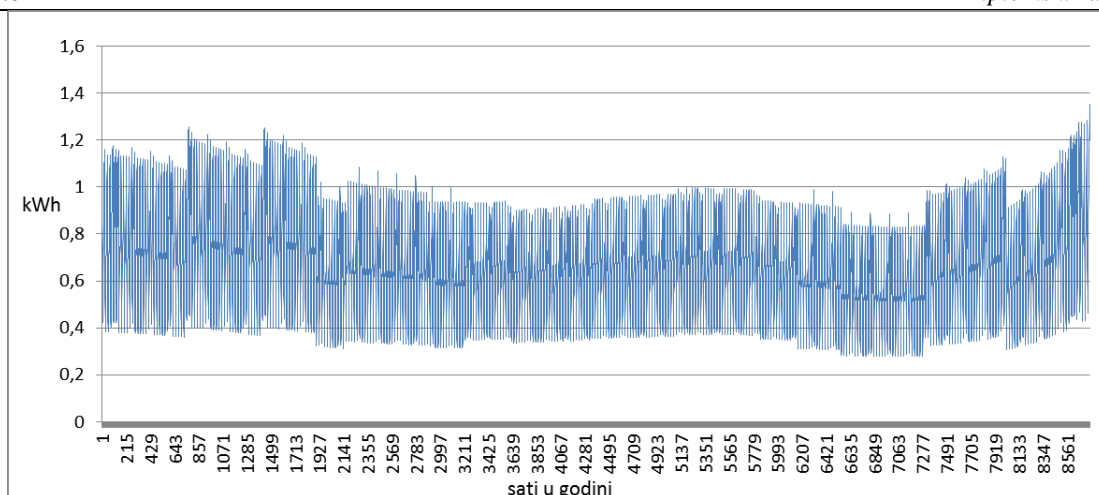
Proizvodnja električne energije u fotonaponskim panelima izračunata je pomoću PVGIS kalkulatora [36], a krivulja prosječnih satnih vrijednosti sunčevog zračenja za 10 lokacija na otoku Korčuli prikazana je na sljedećoj slici.



Slika 9. Krivulja prosječnih satnih vrijednosti sunčevog zračenja za otok Korčulu

3.1. Kućanstva

Prema posljednjem popisu stanovništva provedenom 2011. godine na području otoka Korčule postoji 5 449 kućanstava [37]. Krivulja prosječnih satnih vrijednosti potrošnje električne energije u jednom prosječnom kućanstvu na otoku Korčuli prikazana je na sljedećoj slici.



Slika 10. Krivulja prosječnih satnih vrijednosti potrošnje električne energije jednog kućanstva na otoku Korčuli u 2016. godini

Pretpostavke unesene u sve modele za sektor kućanstva prikazane su u sljedećoj tablici.

Tablica 2. Pretpostavke u modelu za kućanstva

Instalirana snaga PV panela u kućanstvu	2 kW
Efikasnost pretvorbe sunčeve u električnu energiju	15 % [38]
Potrebna površina za pretpostavljenu snagu	14 m ² [39]
Specifični investicijski trošak prema snazi PV panela	14 kn/W [40]
Troškovi vođenja i održavanja	0,5 % od ukupne investicije
Životni vijek PV sustava	25 godina

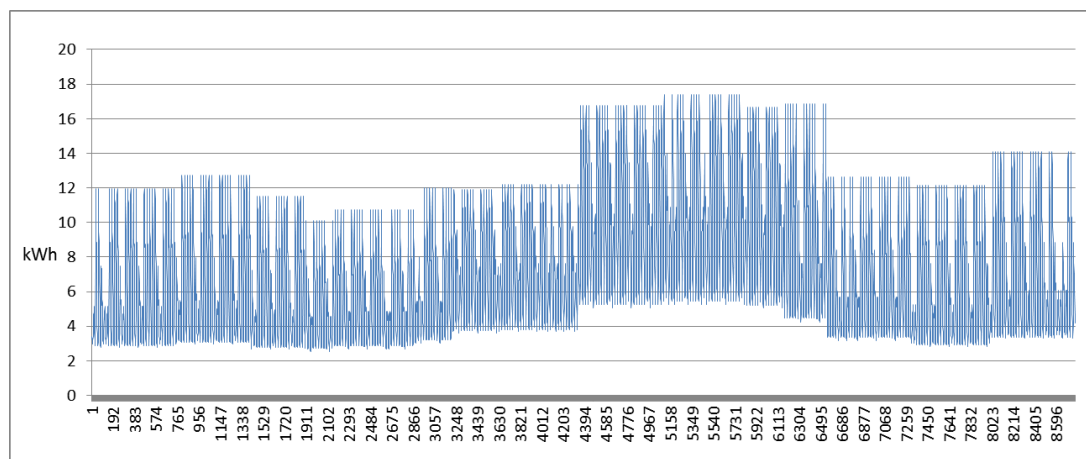
Tarifne stavke (cijene) električne energije preuzete su s internet stranice HEP Elektro za kategoriju kućanstvo, plavi tarifni model [41].

Tablica 3. Tarifne stavke za plavi tarifni model kategorije kućanstvo

Jedinična cijena bez dodanih naknada	0,46 kn/kWh
Naknada za korištenje mreže	0,31 kn/kWh
Naknada za obnovljive izvore energije	0,105 kn/kWh
Naknada za opskrbu	7,40 kn/mj
Naknada za obračunsko mjerno mjesto	10 kn/mj
Porez na dodanu vrijednost	13 %

3.2. Malo poduzetništvo

Prema Registru godišnjih financijskih izvještaja [42] na otoku Korčuli postoje 322 pravne osobe u sektoru malog poduzetništva. Krivulja prosječnih satnih vrijednosti potrošnje električne energije u jednom prosječnom objektu iz sektora malog poduzetništva prikazana je na sljedećoj slici.



Slika 11. Krivulja prosječnih satnih vrijednosti potrošnje električne energije jednog malog poduzetnika na otoku Korčuli u 2016. godini

Pretpostavke unesene u sve modele za sektor malog poduzetništva prikazane su u sljedećoj tablici.

Tablica 4. Pretpostavke u modelu za malo poduzetništvo

Instalirana snaga PV panela u jednog poduzetnika	3 kW
Efikasnost pretvorbe sunčeve u električnu energiju	15 % [38]
Potrebna površina za pretpostavljenu snagu	21 m ² [39]
Specifični investicijski trošak prema snazi PV panela	11 kn/W [40]
Troškovi vođenja i održavanja	0,5 % od ukupne investicije
Životni vijek PV sustava	25 godina

Tarifne stavke (cijene) električne energije uzete su s internet stranice HEP Elektro za kategoriju poduzetništvo, plavi tarifni model [43].

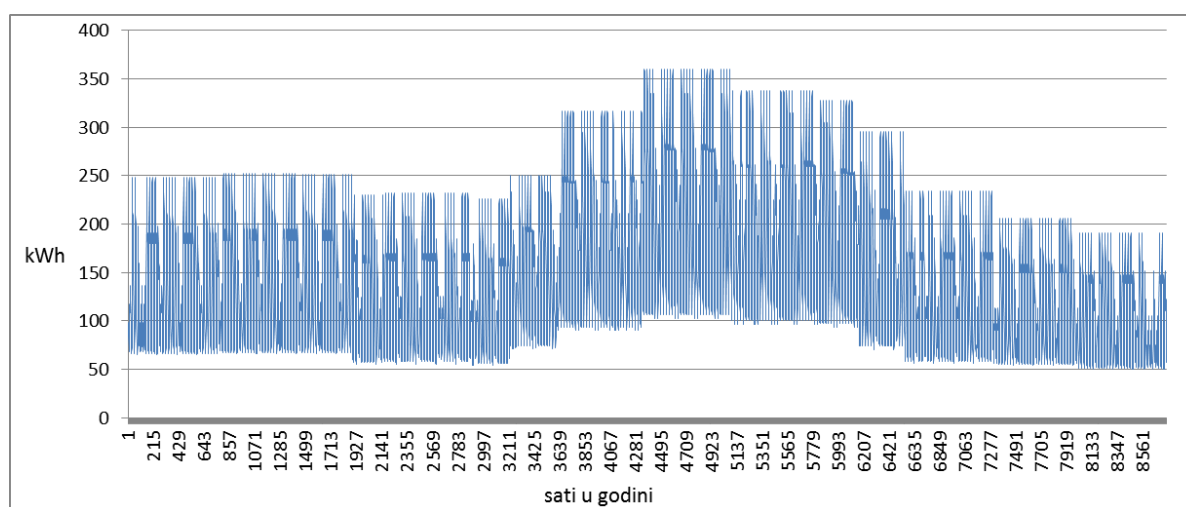
Tablica 5. Tarifne stavke za plavi tarifni model kategorije poduzetništvo

Jedinična cijena bez dodanih naknada	0,65 kn/kWh
Naknada za korištenje mreže	0,31 kn/kWh
Naknada za obnovljive izvore energije	0,105 kn/kWh

Naknada za obračunsko mjerno mjesto	41,30 kn/mj
-------------------------------------	-------------

3.3. Srednje poduzetništvo

Prema Registru godišnjih financijskih izvještaja [42] na otoku Korčuli postoje 3 objekta koji spadaju pod sektor srednjeg poduzetništva. To su Radež dioničko društvo za izradu brodske opreme i čeličnih konstrukcija [44], HTP Korčula dioničko društvo za ugostiteljstvo, turizam, trgovinu i pružanje ostalih usluga [45] i brodogradilište Montmontaža - Greben d.o.o. [46]. Krivulja prosječnih satnih vrijednosti potrošnje električne energije u jednom prosječnom objektu iz sektora srednjeg poduzetništva prikazana je na sljedećoj slici.



Slika 12. Krivulja prosječnih satnih vrijednosti potrošnje električne energije jednog srednjeg poduzetnika na otoku Korčuli u 2016. godini

Pretpostavke unesene u sve modele za sektor srednjeg poduzetništva prikazane su u sljedećoj tablici.

Tablica 6. Pretpostavke u modelu za srednje poduzetništvo

Instalirana snaga PV panela u jednog poduzetnika	20 kW
Efikasnost pretvorbe sunčeve u električnu energiju	15 % [38]
Potrebna površina za pretpostavljenu snagu	140 m ² [39]
Specifični investicijski trošak prema snazi PV panela	11 kn/W [40]
Troškovi vođenja i održavanja	0,5 % od ukupne investicije
Životni vijek PV sustava	25 godina

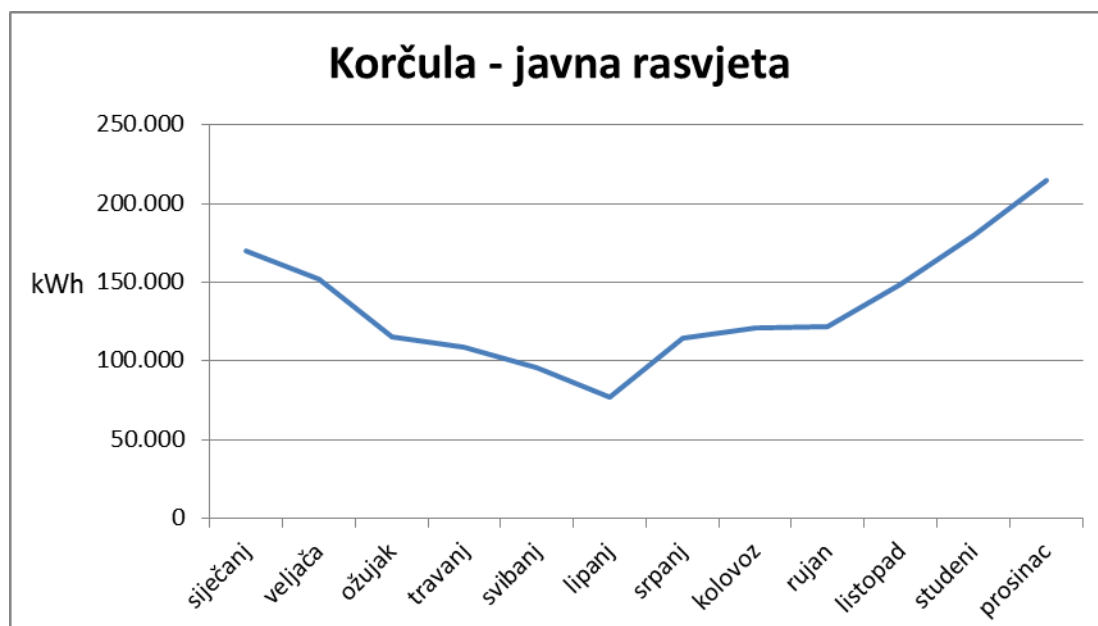
Tarifne stavke (cijene) električne energije uzete su s internet stranice HEP Elektre za kategoriju poduzetništvo, bijeli tarifni model za srednji napon [43].

Tablica 7. Tarifne stavke za bijeli tarifni model srednjeg napona kategorije poduzetništvo

Cijena više tarife bez dodanih naknada	0,57 kn/kWh
Cijena niže tarife bez dodanih naknada	0,34 kn/kWh
Naknada za korištenje mreže u višoj tarifi	0,17 kn/kWh
Naknada za korištenje mreže u nižoj tarifi	0,08 kn/kWh
Obračunska vršna radna snaga	29,50 kn/kW
Naknada za obnovljive izvore energije	0,105 kn/kWh
Naknada za obračunsko mjerno mjesto	66 kn/mj

3.4. Javna rasvjeta

Prema podacima dobivenim od HEP – ODS podružnice Elektrojug Dubrovnik [35] mjesečna potrošnja električne energije na otoku Korčuli za javnu rasvjetu u 2016. godini prikazana je na sljedećoj slici.



Slika 13. Mjesečna potrošnja električne energije za javnu rasvjetu na otoku Korčuli u 2016. godini

Pretpostavke unesene u sve modele za sektor javne rasvjete prikazane su u sljedećoj tablici.

Tablica 8. Pretpostavke u modelu za javnu rasvjetu

Instalirana snaga PV panela	10 kW
Efikasnost pretvorbe sunčeve u električnu energiju	15 % [38]

Potrebna površina za pretpostavljenu snagu	70 m ² [39]
Specifični investicijski trošak prema snazi PV panela	11 kn/W [40]
Troškovi vođenja i održavanja	0,5 % od ukupne investicije
Životni vijek PV sustava	25 godina

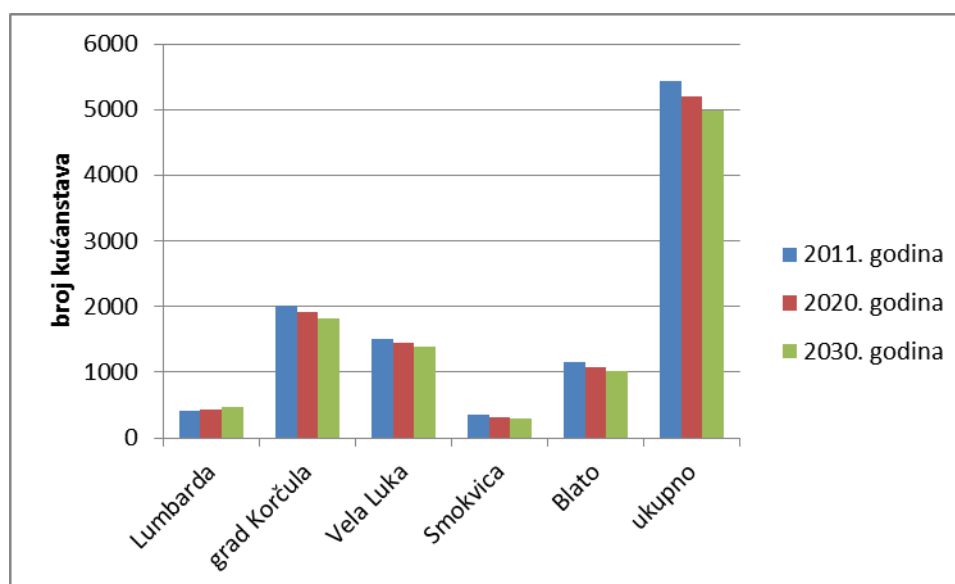
Tarifne stavke (cijene) električne energije uzete su s internet stranice HEP Elektre za kategoriju poduzetništvo, žuti tarifni model [43].

Tablica 9. Tarifne stavke za žuti tarifni model kategorije poduzetništvo

Jedinična cijena bez dodanih naknada	0,43 kn/kWh
Naknada za korištenje mreže	0,23 kn/kWh
Naknada za obnovljive izvore energije	0,105 kn/kWh
Naknada za obračunsko mjerno mjesto	14,70 kn/mj

3.5. Izvedbeni model solarizacije

Izvedbeni model solarizacije otoka Korčule u razdoblju od 2020. do 2030. godine rađen je prema dostupnim demografskim podacima, kao i podacima o kretanju broja poduzetnika na otoku. S obzirom na kretanje broja stanovnika po zasebnim dijelovima otoka Korčule u zadnjih 25 godina [37], određeno je kretanje broja kućanstava za svako naselje u navedenom razdoblju što je vidljivo na sljedećoj slici.



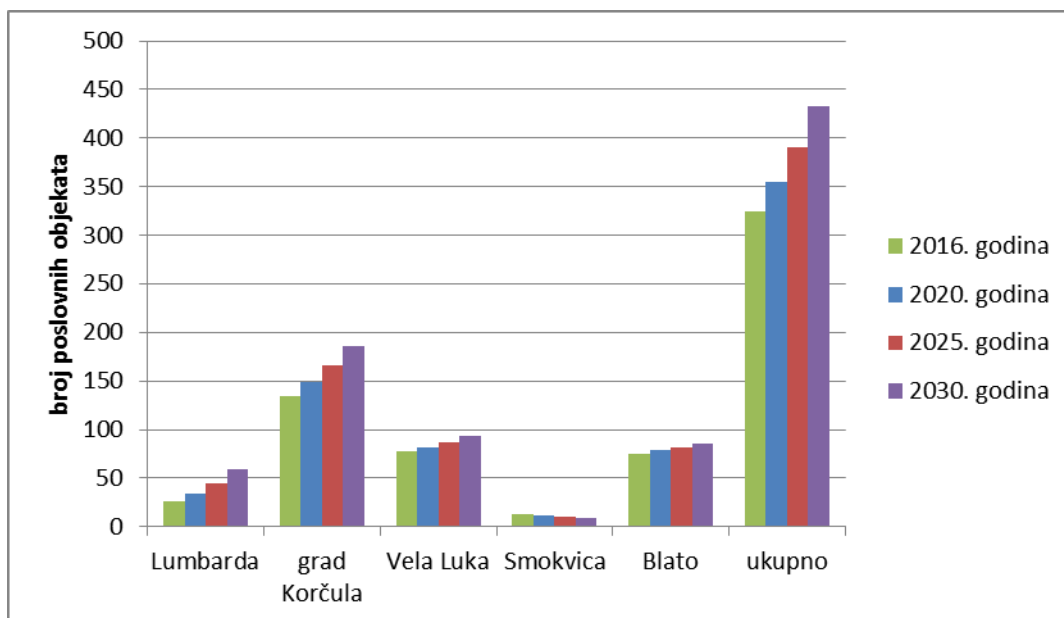
Slika 14. Kretanje broja kućanstava za svako naselje otoka Korčule u razdoblju od 2011. do 2030. godine

Slika 14. jasno pokazuje kako se s vremenom broj kućanstava na otoku Korčuli smanjuje te se očekuje da će u 2030. godini na otoku Korčuli biti ukupno 4 987 kućanstava. Jedino naselje za koje se očekuje porast broja stanovnika, a time i porast broja kućanstava, jest Lumbarda, dok je u ostalim naseljima očekivan pad broja kućanstava. Podaci sa slike prikazani su u sljedećoj tablici.

Tablica 10. Kretanje broja kućanstava za svako naselje otoka Korčule u razdoblju od 2020. do 2030. godine

Naselje	2011. godina	2020. godina	2030. godina
Lumbarda	417	440	464
Grad Korčula	2 009	1 914	1 823
Vela Luka	1 500	1 443	1 388
Blato	1 159	1 086	1 017
Smokvica	359	324	293
Ukupno	5 444	5 207	4 987

Prema podacima iz Registra godišnjih financijskih izvještaja [42] procijenjeno je kretanje broja poslovnih objekata za navedeno razdoblje u svakom naselju što je vidljivo na sljedećoj slici.



Slika 15. Kretanje broja poslovnih objekata za svako naselje otoka Korčule u razdoblju od 2016. do 2030. godine

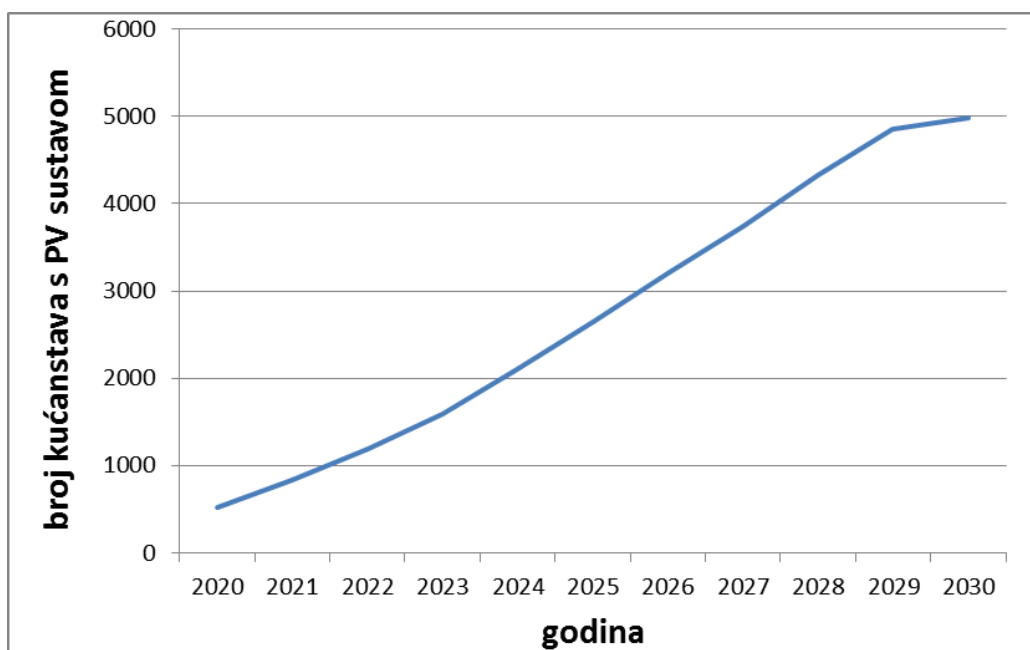
Podaci s gornje slike prikazani su i u sljedećoj tablici.

Tablica 11. Kretanje broja poslovnih objekata za svako naselje otoka Korčule u razdoblju od 2016. do 2030. godine

Naselje	2016. godina	2020. godina	2025. godina	2030. godina
Lumbarda	26	34	45	59
Grad Korčula	134	149	166	185
Vela Luka	77	82	87	93
Smokvica	13	11	10	9
Blato	75	78	82	85
ukupno	325	355	391	432

Na otoku Korčuli postoji ukupno 26 javnih zgrada [47] te je pretpostavljeno da će njihov broj ostati konstantan kroz razdoblje od 2020. do 2030. godine. Ista pretpostavka donesena je i u slučaju većih potrošača kojih na otoku Korčuli ima 3.

Pretpostavljena je krivulja brzine implementiranja fotonaponskih sustava u pojedine sektore. Krivulja koja označuje ukupan broj kućanstava s instaliranim PV sustavom prikazana je na sljedećoj slici. Ostali sektori imaju jednaki oblik krivulje.

**Slika 16. Pretpostavljena krivulja brzine implementacije PV sustava u sektor kućanstva**

Prikazana krivulja predstavlja kretanje broja kućanstava s instaliranim fotonaponskim sustavom, ali jednaki omjeri su pretpostavljeni i za druge sektore. Ovako pretpostavljena krivulja u početku predviđa malo sporiji rast instalirane snage. Nakon nekoliko godina (2023.

godine) rast postaje malo veći te je ujednačen sve do 2029. godine kada je predviđeno implementiranje fotonaponskih sustava na posljednjih 3 % kućanstava na otoku Korčuli.

U sljedećoj tablici prikazani su podaci korišteni za računanje potrebne površine za PV panele, potreban broj radnih sati za implementaciju PV sustava te broj novootvorenih radnih mjesta vezanih uz provedbu projekta.

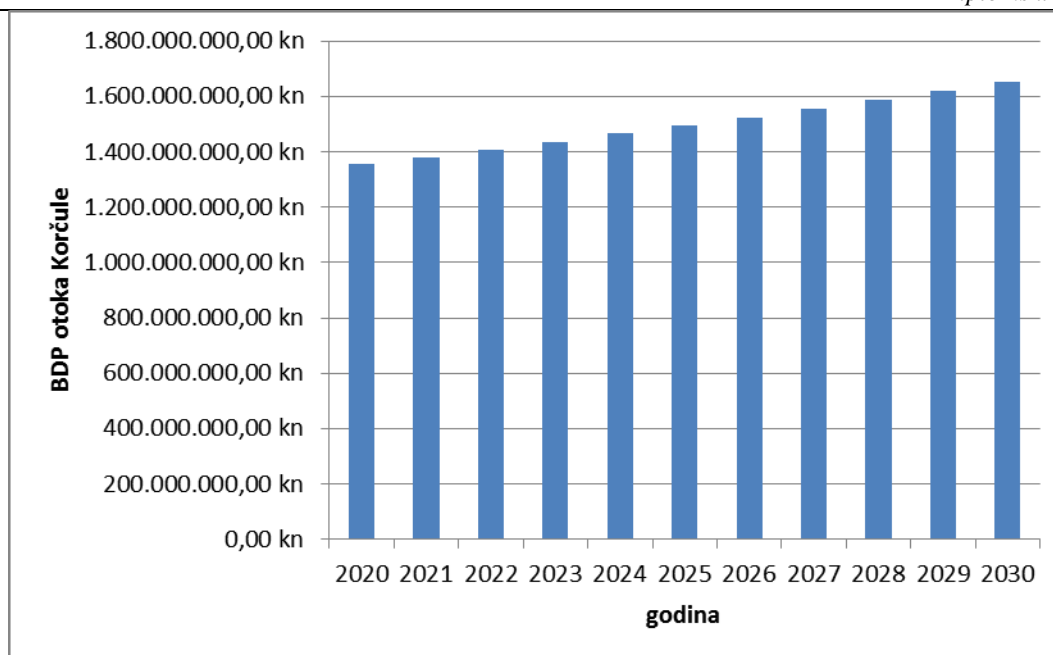
Tablica 12. Podaci korišteni za računanje tehničkih i socijalnih parametara izvedbenog modela

Podatak	Iznos
Potrebna površina krova za snagu PV sustava od 2,2 kW	16,5 m ² [39]
Broj radnih mjesta vezanih uz instalaciju PV sustava	2,6 FTE/MW _{godišnje} [48]
Broj radnih mjesta vezanih uz projektiranje i administraciju oko PV sustava	3,67 FTE/MW _{godišnje} [48]
Broj radnih mjesta vezanih uz vođenje i održavanje PV sustava	0,25 FTE/MW _{ukupno} [48]

Određena radna mjesta mogu biti realizirana kroz energetska zadruge, naročito ona vezana uz administraciju i projektiranje. Ukoliko bi i radna mjesta vezana uz instalaciju te vođenje i održavanje PV sustava također bila realizirana kroz energetska zadruge, otvara se mogućnost prenamjene određenih radnih mjesta, pogotovo onih vezanih uz instalaciju PV sustava, u radna mjesta potrebna za instalaciju punionica za električna vozila i sl.

Ukupan broj zaposlenih osoba u Dubrovačko-neretvanskoj županiji dana 31. ožujka 2016. godine iznosi 31 114 osoba [37], a procijenjeno je da je na otoku Korčuli 3 930 zaposlenih osoba. Broj slobodnih radnih mjesta u DNŽ u 2017. godini iznosi 7 067 radnih mjesta [49], a procjena za otok Korčulu iznosi 893 radnih mjesta.

BDP po glavi stanovnika za DNŽ u 2014. godini iznosi 77 652 kn [50], što uz ukupnu brojku od 15 481 stanovnika otoka Korčule [37] daje procjenu BDP-a otoka Korčule u iznosu od 1,2 milijarde kuna. Predviđanja Međunarodnog monetarnog fonda su da će do 2022. godine Hrvatska imati rast BDP-a nešto iznad 2 % sa silaznim trendom [51]. Iz tog razloga je projekcija kretanja BDP-a za otok Korčulu u razdoblju od 2020. do 2030. napravljena uz pretpostavku godišnjeg rasta BDP-a od 2 %. BDP otoka Korčule u 2020. godini procijenjen je na 1,353 milijardi kuna, a u 2030. godini na 1,65 milijardi kuna. Kretanje BDP-a u razdoblju od 2020. do 2030. godine prikazano je na sljedećoj slici.



Slika 17. Kretanje BDP-a otoka Korčule u razdoblju od 2020. do 2030. godine

3.6. Utjecaj električnih vozila na poslovni model i isplativost PV sustava

Utjecaj električnih vozila na poslovni model i isplativost PV sustava računat je za 2030. godinu za koju je pretpostavljeno da će biti instalirano ukupno 11,68 MW fotonaponskih sustava. S obzirom na predviđanja potrošnje električne energije u Hrvatskoj u 2030. godini [52] i potrošnju električne energije na otoku Korčuli u 2012. godini u iznosu od 58 052 MWh [47], procijenjen je iznos potrošnje električne energije u 2030. godini na 68 418,43 MWh. Ukupan broj osobnih automobila u 2012. godini iznosi 5 630 [47], a procijenjena brojka za 2030. godinu iznosi 6 635 osobnih automobila. Ova brojka ukupnih osobnih automobila jednaka je za svaki slučaj bez obzira imali oni električna vozila ili ne, a razlika među slučajevima je u omjeru EV naspram onih na dizel i benzin.

Troškovi i uštede vezani uz korištenje električnog vozila računati su uspoređujući troškove i uštede jednog prosječnog električnog vozila s jednim prosječnim vozilom s motorom na unutarnje izgaranje. Prosječno električno vozilo je modelirano uzevši u obzir podatke za tri najprodavanija električna automobila u Europi [53] koji su prikazani u sljedećoj tablici.

Tablica 13. Najprodavaniji električni automobili u Europi

Model	Cijena [kn]
Renault Zoe	231 900 [54]
Nissan Leaf	182 393 [55]

BMW i3	266 985 [56]
Prosječan električni automobil	227 093

Prosječan automobil s motorom na unutarnje izgaranje je modeliran pomoću podataka za 5 najprodavanijih automobila u Hrvatskoj u 2016. godini [57] koji su prikazani u sljedećoj tablici.

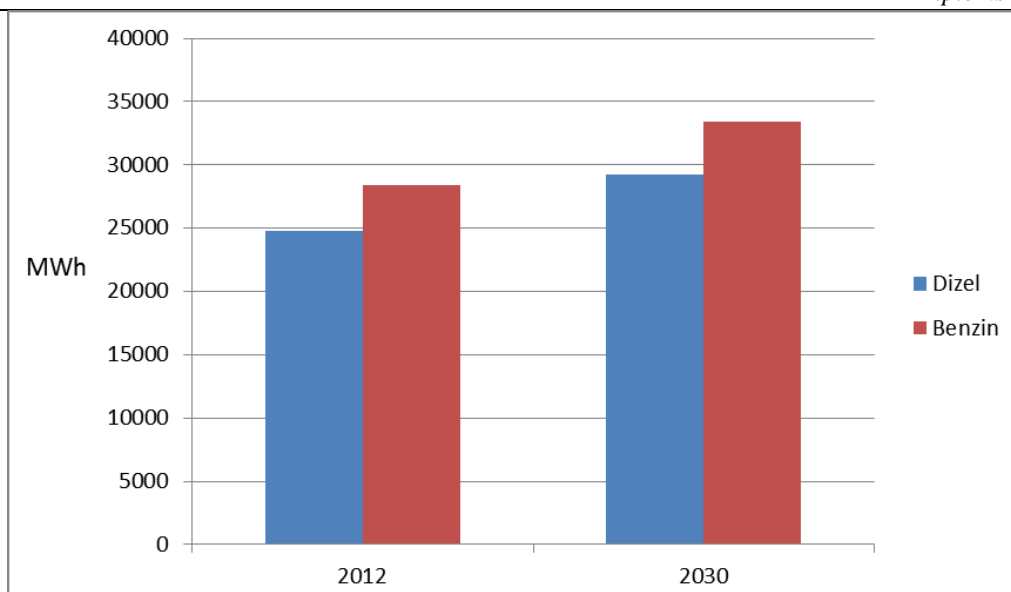
Tablica 14. Najprodavaniji automobili u Hrvatskoj u 2016. godini

Model	Cijena [kn]
VW Golf	141 786 [58]
Renault Clio	108 900 [59]
Škoda Octavia	151 488 [60]
Opel Astra	142 418 [61]
Ford Focus	153 900 [62]
Prosječan automobil s motorom na unutarnje izgaranje	139 698

Za oba prosječna automobila godišnji troškovi održavanja su procijenjeni na 2 % investicije, a životni vijek je procijenjen na 15 godina. S obzirom da je kućanstvo za koje je računata ušteda član energetske zadruge, pretpostavljeno je da će nabava električnog automobila preko energetske zadruge biti 15 % jeftinija nego u slučaju privatne kupnje električnog automobila. Cijena benzina iznosi 9,57 kn/L, a dizela 9,07 kn/L [63].

3.6.1. Sustav bez električnih vozila

S obzirom da u ovom slučaju nema značajnog udjela električnih vozila, sva je potrošnja u sektoru transporta vezana uz potrošnju goriva i prikazana je na sljedećoj slici.

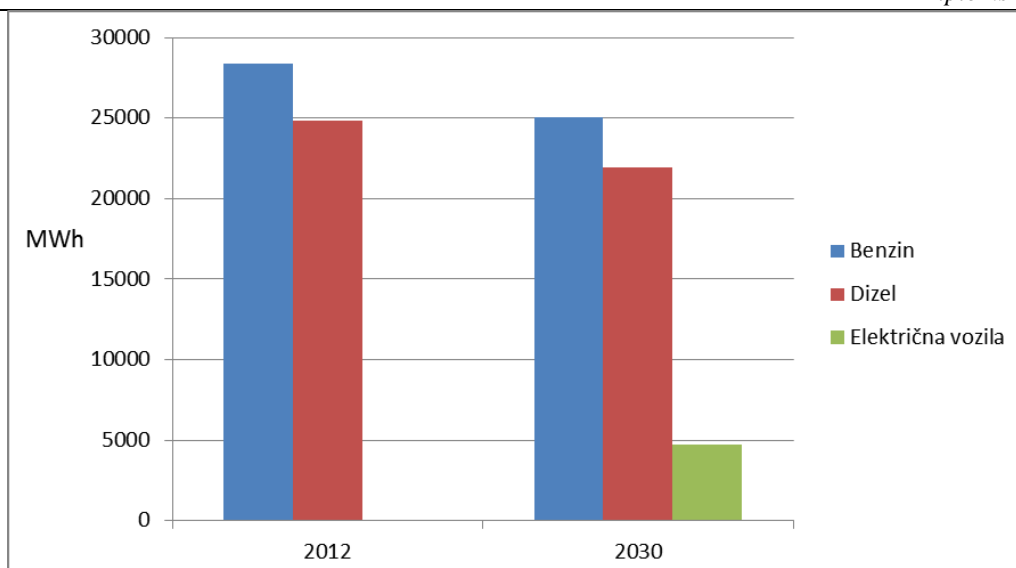


Slika 18. Iznosi potrošnje energije u sektoru transporta za sustav bez EV-a

U 2012. godini ukupna potrošnja osobnih automobila iznosila je 53 183,8 MWh, od čega je 28 362,98 MWh činila potrošnja benzinskih automobila, a 24 820,83 MWh potrošnja dizelaša [47]. U 2030. godini predviđena je ukupna potrošnja osobnih automobila u iznosu od 62 680,9 MWh. Potrošnja benzina iznosi 33 427,8 MWh, a dizela 29 253,13 MWh. Za takve iznose potrošnje, prema EnergyPLAN-u, predviđeno je da će osobni automobili prijeći ukupno 94 milijuna kilometara u 2030. godini.

3.6.2. Sustav s nereguliranim (dump) načinom punjenja električnih vozila

U ovom slučaju predviđena je implementacija 1 849 električnih osobnih automobila [64]. Predviđeno je da će zbog implementacije EV-a pasti potrošnja benzina i dizela za 25 % naspram potrošnje u sustavu bez EV-a (Slika 18), a kako bi iznos prijeđenih kilometara u 2030. godini i u ovom slučaju bio 94 milijuna kilometara, potrošnja električne energije za električna vozila iznosi 4 700 MWh. Iznosi potrošnja prikazani su na sljedećoj slici.



Slika 19. Iznosi potrošnje energije u sektoru transporta u sustavu s *dump* punjenjem EV-a

U 2030. godini predviđena je potrošnja benzina u iznosu od 25 070,85 MWh i potrošnja dizela u iznosu od 21 939,84 MWh. Uz potrošnju EV-a od 4 700 MWh, ukupna je potrošnja osobnih automobila u 2030. godini 51 710,69 MWh.

3.6.3. Sustav s pametnim (*smart*) načinom punjenja električnih vozila

U sustavu s pametnim načinom punjenja električnih vozila broj električnih osobnih automobila i sve potrošnje su iznosom jednaki kao u slučaju sustava s nereguliranim punjenjem. Ukupni kapacitet baterija EV-a određen je kao umnožak kapaciteta prosječne baterije jednog EV-a u iznosu od 39 kWh [64] i broja električnih osobnih automobila te iznosi 72,11 MWh.

S obzirom da se u *smart* načinu punjenja dio punjenja obavlja u privatnim kućama, a dio u punionicama, pretpostavljen je iznos snage punjača od 5,35 kW [64]. Taj iznos je veći od snage koja vrijedi za punjenje u privatnim kućama (3,3 kW) zbog utjecaja punionica. Kapacitet punjača/mreže za punjenje EV-a dobiva se umnoškom pretpostavljenog iznosa snage punjača s brojem vozila te iznosi 9 892,15 kW.

3.6.4. Sustav s V2G načinom punjenja električnih vozila

Većina ulaznih podataka za slučaj vozilo na mrežu načina punjenja jednaka je ulaznim podacima slučaja sa *smart* načinom punjenja EV-a. Jedina razlika je u kapacitetu punjača/mreže za punjenje EV-a koja je u ovom slučaju manja od one iz *smart* načina punjenja. Razlog tome je što se u V2G načinu punjenje obavlja isključivo u privatnim kućama te je u tom slučaju pretpostavljeni iznos snage punjača 3,3 kW. Kad se njega pomnoži s brojem EV-a dobije se iznos kapaciteta punjača/mreže za punjenje EV-a od 6 101,7 kW.

3.6.5. Uštede računate s obzirom na promjene u gubicima u mreži

Cijena električne energije pomoću koje su računate uštede s obzirom na promjene u gubicima u mreži uzeta je kao srednja vrijednost između cijene više i niže tarife bijelog tarifnog modela za srednji napon. Ta cijena iznosi 0,49 kn/kWh.

Omjer gubitaka u mreži naspram ukupne potrošnje električne energije određen je prema podacima za Republiku Hrvatsku [65] prikazanim u sljedećoj tablici.

Tablica 15. Podaci o gubicima u mreži za Republiku Hrvatsku

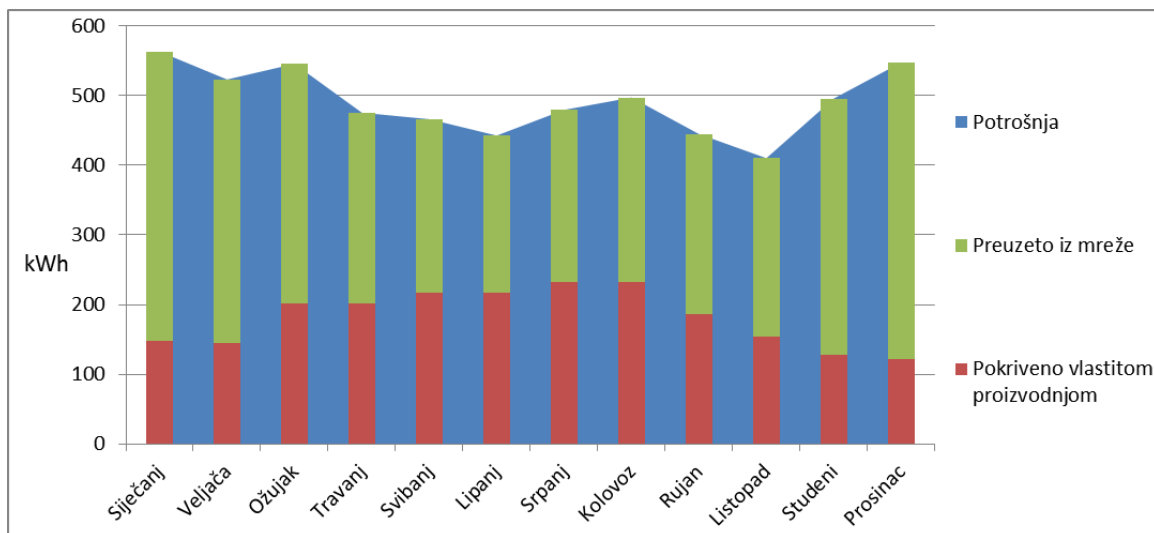
Ukupna potrošnja	18 190,4 GWh
Gubitak prijenosa i distribucije	1 801,5 GWh
Udio gubitaka u mreži naspram ukupne potrošnje	9,9 %

4. REZULTATI I ANALIZA

U ovom poglavlju prikazani su rezultati različitih modela za karakteristične skupine potrošača. Računati su udjeli potrošnje pokriveni vlastito proizvedenom električnom energijom, viškovi električne energije predani u mrežu, troškovi i uštede za svaki model te je dana usporedba parametara isplativosti za svaku od karakterističnih skupina potrošača. Prikazani su izračunati tehnički, socijalni i ekonomski parametri za model solarizacije otoka Korčule u razdoblju od 2020. do 2030. godine. U posljednjem dijelu prikazani su rezultati utjecaja implementacije električnih vozila na uštede u kućanstvu za različite načine punjenja vozila te uštede ovisne o smanjenju gubitaka prijenosa i distribucije u mreži.

4.1. Kućanstva

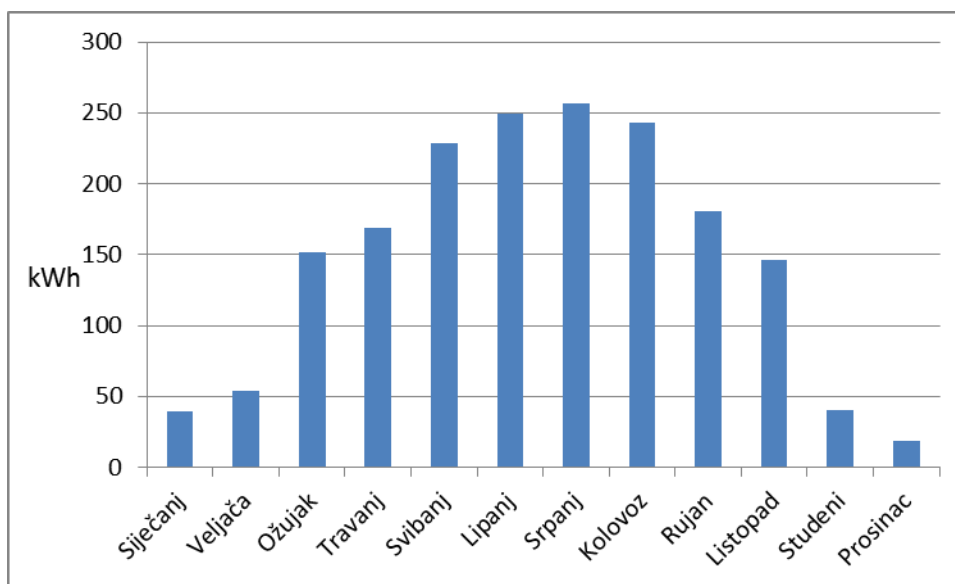
Rezultati analize prikazani su za svaki od modela (model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom, model članstva u energetskej zadrugi i model članstva u lokalnoj energetskej zajednici). Ti se modeli razlikuju u financijskoj dobiti i troškovima, ali su u iznosima proizvedene električne energije i količini električne energije predane u mrežu jednaki. Udjeli potrošnje električne energije pokriveni vlastitom proizvodnjom prikazani su na sljedećoj slici.



Slika 20. Pokrivenost potrošnje električne energije vlastitom proizvodnjom za kućanstvo

Vidljivo je da se u ljetnim mjesecima velik dio potrošnje električne energije podmiruje vlastito proizvedenom električnom energijom (maksimum je 49,06 % u lipnju). Naravno, u zimskim mjesecima ta je pokrivenost dosta manja te je, uz minimalnu vlastitu proizvodnju u prosincu (pokrivenost 22,16 %), potrebno većinu potrošnje električne energije pokrivati

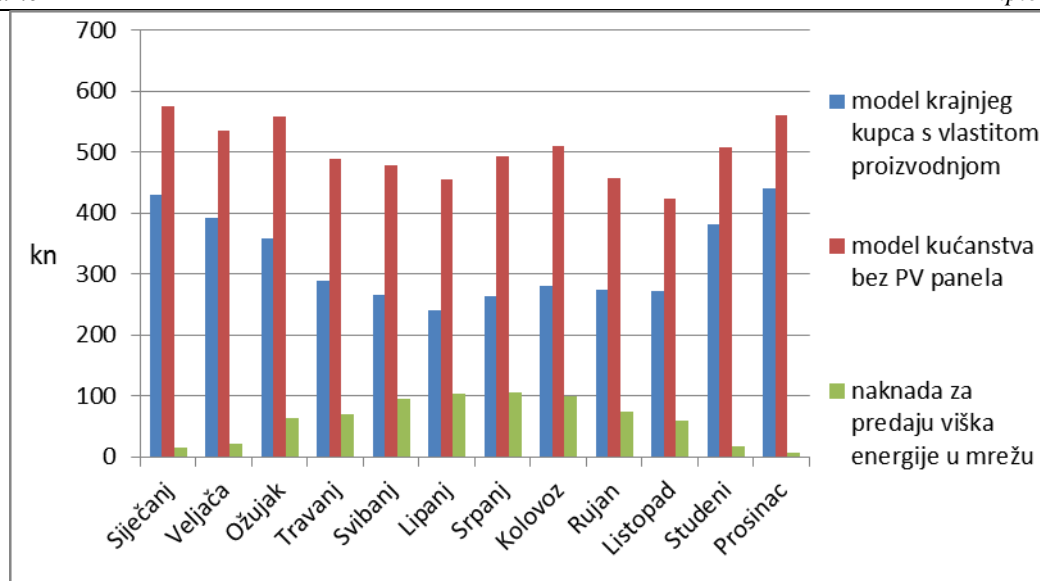
energijom preuzetom iz mreže (čak 77,84 %). Višak električne energije predan u mrežu prikazan je na sljedećoj slici.



Slika 21. Mjesečni iznosi električne energije predane u mrežu

4.1.1. Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom

S obzirom na pretpostavljenu instaliranu snagu od 2 kW te specifični investicijski trošak od 14 kn/W [40], investicijski trošak ugradnje PV panela u kućanstvo iznosi 28 000 kn. Kao i u svim ostalim projektima vezanim uz OIE, investicija se isplaćuje ostvarenim uštedama u troškovima energenata. U modelu krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom godišnja ušteda iznosi 2 895,76 kn. Na sljedećoj su slici mjesečni troškovi ovog modela uspoređeni s mjesečnim troškovima kućanstva s istom potrošnjom električne energije, ali koje nema ugrađen sustav s PV panelima. Uz to, prikazani su iznosi mjesečne naknade za električnu energiju predanu u mrežu.



Slika 22. Usporedba mjesečnih troškova modela krajnjeg kupca i modela kućanstva bez PV panela

Godišnji trošak modela krajnjeg kupca iznosi 3 887,64 kn, dok je godišnji trošak kućanstva bez PV panela 6 046,99 kn. Naravno, najveće uštede se ostvaruju u ljetnim mjesecima kada one iznose i preko 300 kn mjesečno.

Uz tako zadane troškove i ostvarene uštede te diskontnu stopu od 4,24 % za projekte energetske učinkovitosti i OIE koju koristi Hrvatska banka za obnovu i razvoj [66], unutarnja stopa povrata (IRR) ovog modela iznosi 8 % pa se ovaj model smatra isplativim. Neto sadašnja vrijednost (NPV) ovog modela iznosi 12 943,97 kn, a jednostavan period povrata (JPP) ovog modela je 10,16 godina.

4.1.2. Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi

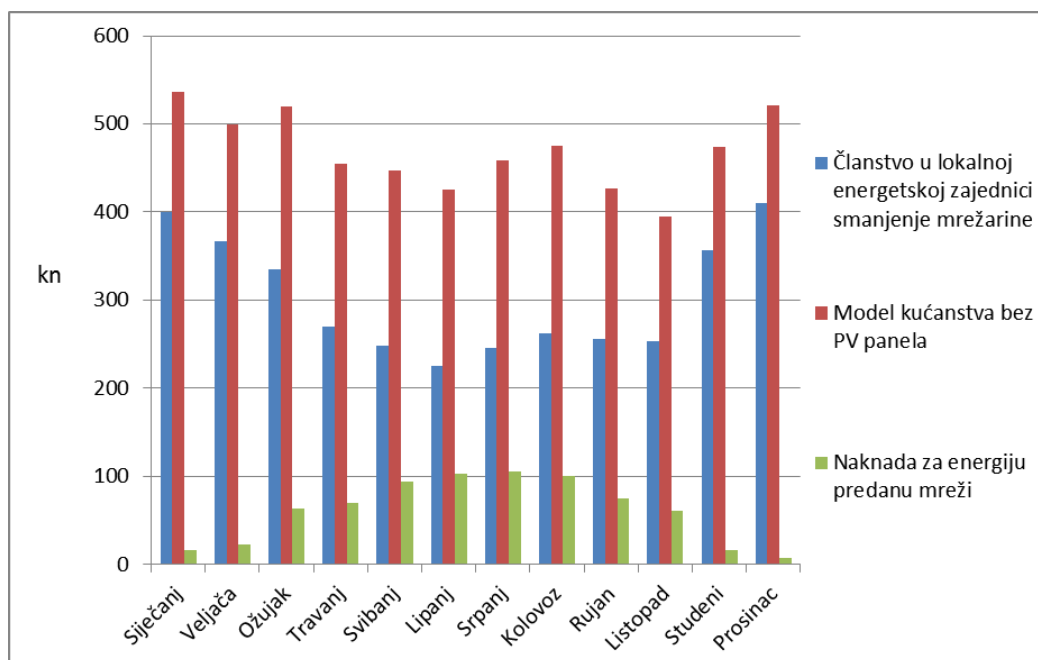
U usporedbi s modelom krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom, investicijski troškovi u modelu članstva u energetskej zadruzi su manji. Poznat je primjer energetske zadruge Otok Krk koja je svojim članovima uspjela sniziti troškove fotonaponske opreme za 40 %, a troškove projektne dokumentacije sniziti za čak tri puta [27]. U ovom modelu pretpostavljeno je da su investicijski troškovi umanjeni za 30 % naspram referentnih zbog članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi. Tim troškovima potrebno je dodati i troškove učlanjivanja u zadrugu koji iznose 1 000 kn po kućanstvu [10]. Tako izračunat ukupni investicijski trošak ovog modela iznosi 20 600 kn, dok su godišnje uštede jednake onima iz modela krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom i iznose 2 895,76 kn. Naravno, mjesečni troškovi ovog modela također su jednaki mjesečnim troškovima modela krajnjeg kupca, kao i godišnji trošak koji iznosi 3 887,64 kn.

Razlika između ova dva modela ostvaruje se samo u različitim investicijskim troškovima te se zbog toga automatski mijenja i isplativost projekta. Tako IRR ovog modela iznosi 13 %, NPV 20 706,98 kn, a JPP 7,38 godina. Vidljivo je jasno povećanje isplativosti ovog modela naspram modela krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom te je jasna korist, a time i motivacija članova sektora kućanstva za udruživanje u ovakav oblik energetske zadruge.

4.1.3. Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici

Članstvo u lokalnoj energetskej zajednici podrazumijeva i djelomično vlasništvo nad distribucijskom mrežom te se zbog toga mijenja iznos naknade za korištenje mreže. S obzirom da je teško pretpostaviti kretanje iznosa naknade za korištenje mreže, obrađena su dva rubna slučaja – 20 %-tno snižavanje naknade za korištenje mreže i 20 %-tno povećanje naknade za korištenje mreže. U oba slučaja investicijski troškovi su jednaki onima iz modela krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom i iznose 28 000 kn. Na njih je potrebno dodati 1 000 kn troškova za članstvo u lokalnoj energetskej zajednici. Za razliku od investicijskih troškova, mjesečni troškovi za električnu energiju se mijenjaju ovisno o slučaju.

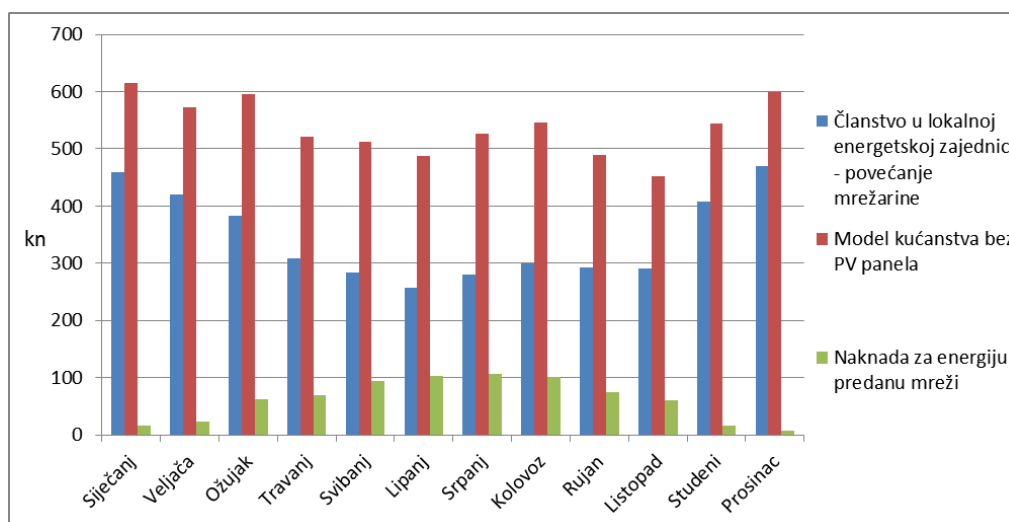
U slučaju 20 %-tnog snižavanja naknade za korištenje mreže godišnji trošak za električnu energiju je manji od onog u modelu krajnjeg kupca i iznosi 3 627,78 kn, a iznos godišnje uštede je veći i iznosi 3 155,62 kn. Mjesečni troškovi i naknada za energiju predanu mreži ovog slučaja prikazani su na sljedećoj slici.



Slika 23. Usporedba mjesečnih troškova u slučaju smanjenja iznosa naknade za mrežu

IRR ovog slučaja iznosi 9 %, NPV je 15 692,34 kn, a JPP iznosi 9,63 godine. Ovaj slučaj je blago poboljšanje naspram modela krajnjeg kupca, ali ne tako značajno kao model članstva u energetskej zadruzi. Razlog tome je činjenica da se ovim modelom može utjecati samo na troškove naknade za mrežu, a oni u modelu kućanstva bez PV panela čine samo oko četvrtinu ukupnih troškova kućanstva za električnu energiju.

U slučaju 20 %-tnog povećanja naknade za korištenje mreže godišnji trošak za električnu energiju iznosi 4 147,49 kn te je veći od troška u modelu krajnjeg kupca. Godišnja ušteda u ovom slučaju je manja od uštede u modelu krajnjeg kupca i iznosi 2 635,91 kn. Mjesečni troškovi za električnu energiju uspoređeni s onima u modelu kućanstva bez PV panela prikazani su na sljedećoj slici zajedno s iznosima naknade za energiju predanu mreži.



Slika 24. Usporedba mjesečnih troškova u slučaju povećanja iznosa naknade za mrežu

U ovom slučaju modela članstva u lokalnoj energetskej zajednici IRR iznosi 7 %, NPV 8 097,48 kn, a JPP 11,64 godine. Jasno je da je to pogoršanje isplativosti naspram modela krajnjeg kupca, ali bitno je napomenuti da je, i u ovom lošijem slučaju, projekt i dalje isplativ.

4.1.4. Usporedba svih modela za sektor kućanstva

U sljedećoj tablici dan je pregled svih pokazatelja isplativosti za sve opisane modele i slučajeve.

Tablica 16. Usporedba pokazatelja isplativosti za sektor kućanstva

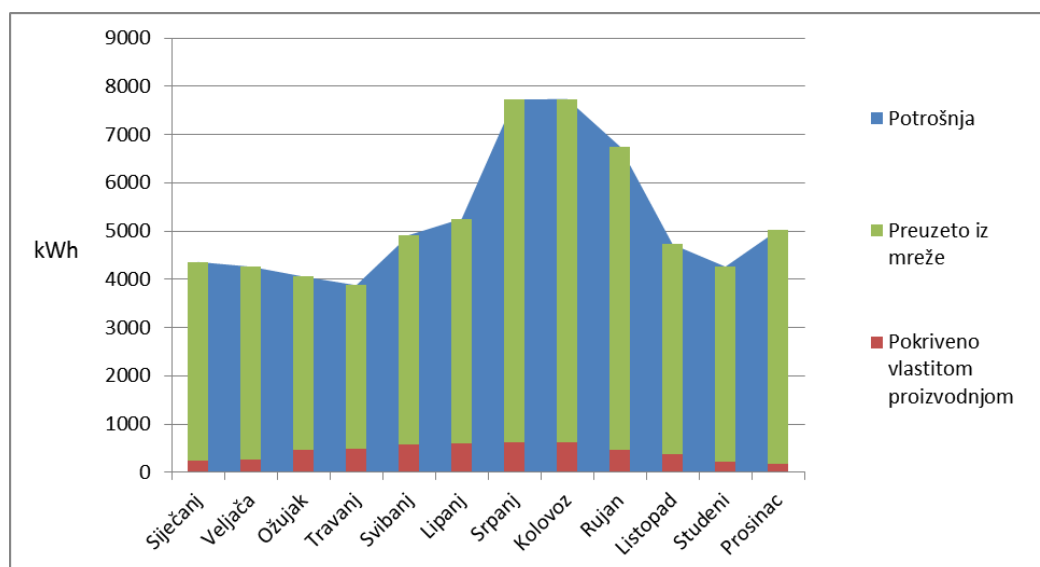
	Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom	Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi	Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici –	Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici –

			smanjenje mrežarine	povećanje mrežarine
IRR	8 %	13 %	9 %	7 %
NPV	12 943,97 kn	20 706,98 kn	15 692,34 kn	8 097,48
JPP	10,16	7,38	9,63	11,64

Vidljivo je kako je najisplativiji slučaj za sektor kućanstva model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi. Jednostavno, tako značajno smanjenje investicijskih troškova najviše povećava isplativost projekta instaliranja PV panela na vlastitu kuću. Članstvo u lokalnoj energetskej zajednici nema toliko značajan učinak na isplativost projekta iz razloga što troškovi za korištenje mreže čine samo dio ukupnih troškova te se njihovom promjenom značajno ne povećava (ili ne smanjuje) isplativost projekta. Svaki od navedenih modela se pokazao isplativim, ali kao model preporučljiv sektoru kućanstva ističe se model članstva u energetskej zadruzi.

4.2. Malo poduzetništvo

Kao i u sektoru kućanstva, modeli se razlikuju u financijskoj dobiti i troškovima, ali su u iznosima proizvedene električne energije i količini energije predane mreži jednaki. Udjeli potrošnje električne energije pokriveni vlastitom proizvodnjom prikazani su na sljedećoj slici.



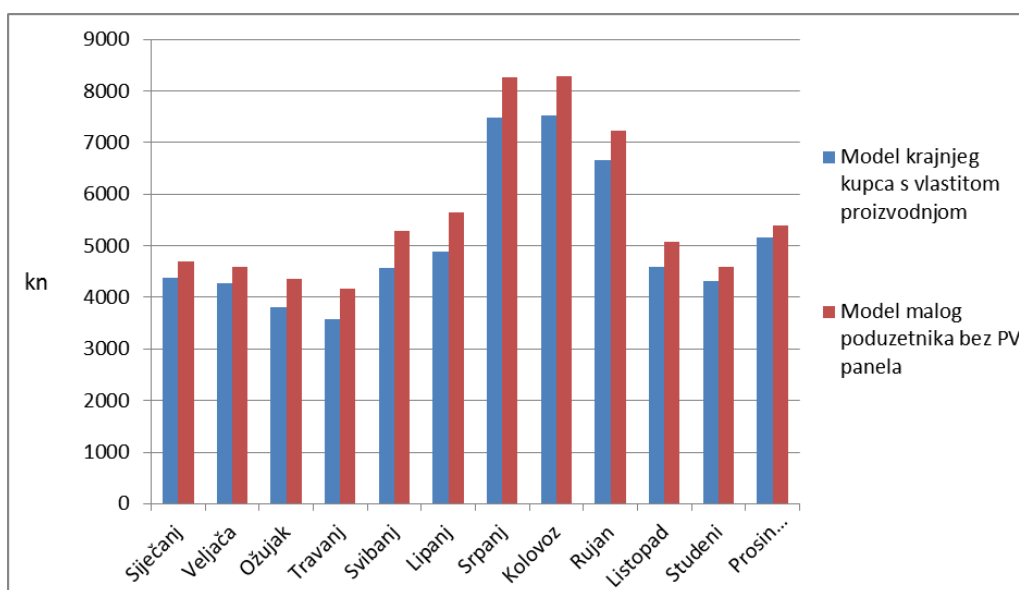
Slika 25. Pokrivenost potrošnje električne energije vlastitom proizvodnjom za sektor malog poduzetništva

Vidljivo je da je pokrivenost vlastitom proizvodnjom u ovako postavljenom sustavu relativno mala, naročito naspram sektora kućanstva (maksimalno 14,35 %). Razlog tome je činjenica da je mjesečna potrošnja električne energije u sektoru malog poduzetništva i do 10

puta veća od mjesečne potrošnje u sektoru kućanstva, a snaga pretpostavljenog PV sustava u sektoru malog poduzetništva je samo 50 % veća od PV sustava u sektoru kućanstva. Zbog tako male instalirane snage nije bilo viška proizvedene električne energije niti u jednom satu cijele godine. Razlog zbog kojeg se nije išlo na veću snagu za sektor malog poduzetništva je pretpostavka da većina objekata uključenih u taj sektor nemaju potrebne površine krovova za smještaj većih PV sustava. Ipak, čak i s ovako malom pokrivenošću potrošnje električne energije, sustav se uglavnom pokazao isplativim što je pokazano u nastavku.

4.2.1. Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom

S obzirom na pretpostavljenu instaliranu snagu od 3 kW te specifični investicijski trošak od 11 kn/W [40], investicijski trošak ugradnje PV panela u jedan objekt u sektoru malog poduzetništva iznosi 33 000 kn. U modelu krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom godišnja ušteda iznosi 6 330,39 kn. Na sljedećoj su slici mjesečni troškovi ovog modela uspoređeni s mjesečnim troškovima malog poduzetnika s istom potrošnjom električne energije, ali koji nema ugrađen sustav s PV panelima.



Slika 26. Usporedba mjesečnih troškova modela krajnjeg kupca i modela malog poduzetnika bez PV panela

Godišnji trošak modela krajnjeg kupca iznosi 61 237,43 kn, a godišnji trošak modela malog poduzetnika bez PV panela iznosi 67 567,81 kn te se tako ostvaruje godišnja ušteda od 6 330,39 kn. Uz tako velike iznose IRR projekta iznosi 18 %, NPV 57 890,90 kn, a JPP 5,35 godina.

Uzrok tako velikoj isplativosti projekta naspram sektora kućanstva treba tražiti u činjenici da je potrošnja električne energije u sektoru malog poduzetništva dosta veća od

potrošnje u sektoru kućanstva što znači da i male uštede (relativno gledajući) u iznosu preuzete električne energije mogu predstavljati značajne uštede u troškovima za električnu energiju. Iznos godišnje uštede je relativno velik naspram investicijskih troškova za tako male iznose snaga PV sustava što na kraju daje tako dobru isplativost sustava. Povećanjem snage brže rastu investicijski troškovi nego godišnja ušteda te se automatski smanjuje isplativost projekta.

4.2.2. Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi

Investicijski troškovi u modelu članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi sniženi su za 30 %, a trošak učlanjivanja u energetskeu zadrugu za malog poduzetnika procijenjen je na 5 000 kn. Ukupni investicijski troškovi tako iznose 28 100 kn, a godišnja ušteda je 6 330,39 kn. IRR ovog modela iznosi 22 %, NPV 63 031,27 kn, a JPP 4,54 godina.

4.2.3. Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici

Ukupni investicijski troškovi u oba slučaja modela članstva u lokalnoj energetskej zajednici iznose 38 000 kn, a sastoje se od investicijskih troškova jednakih modelu krajnjeg kupca (33 000 kn) uvećanih za trošak učlanjivanja u lokalnu energetskeu zajednicu (5 000 kn).

U slučaju 20 %-tnog smanjenja naknade za korištenje mreže, IRR ovog modela iznosi 25 %, NPV 104 321,43 kn, a JPP 3,93 godina. Razlog ovako velikoj isplativosti je činjenica da smanjenje naknade za korištenje mreže donosi dodatnih 3 536,14 kn uštede na već navedenih 6 330,39 kn uštede iz modela krajnjeg kupca. S obzirom na velike količine električne energije koje mali poduzetnik preuzima iz mreže, to zajedno daje godišnju uštedu od 9 866,53 kn te bez obzira na najveće ukupne investicijske troškove, čini ovaj model najisplativijim za sektor malog poduzetništva.

U slučaju 20 %-tnog povećanja naknade za korištenje mreže, godišnji troškovi naknade za korištenje mreže rastu za 3 536,14 kn te anuliraju više od polovice iznosa godišnje uštede pa je u ovom slučaju ukupna godišnja ušteda 2 794,24 kn. Uz tako manji iznos uštede, IRR ovog modela iznosi 4 %, NPV -969,81 kn, a JPP 14,59 godina. Uz određenu diskontnu stopu od 4,24 % [66] jasno je da je u ovom slučaju projekt neisplativ.

4.2.4. Usporedba svih modela za sektor malog poduzetništva

Tablica 17. Usporedba pokazatelja isplativosti za sektor malog poduzetništva

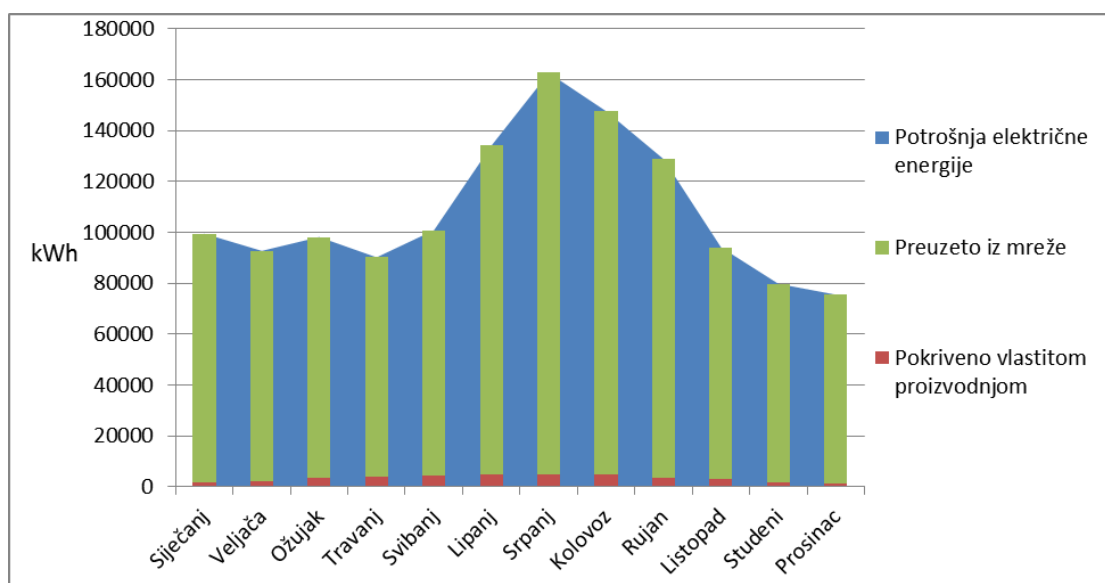
	Model krajnjeg kupca s vlastitom	Model članstva u potrošačkoj energetskej	Model članstva u lokalnoj energetskej	Model članstva u lokalnoj energetskej

	proizvodnjom	zadruzi	zajednici – smanjenje mrežarine	zajednici – povećanje mrežarine
IRR	18 %	22 %	25 %	4 %
NPV	57 890,90 kn	63 031,27 kn	104 321,43 kn	-969,81
JPP	5,35	4,54	3,93	14,59

Vidljivo je kako je najisplativiji slučaj za sektor malog poduzetništva model članstva u lokalnoj energetske zajednici, ali uz pretpostavku pada naknade za korištenje mreže za 20 %. Članstvo u energetske zadruzi također ima značajan učinak na isplativost projekta koji je i u modelu krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom izrazito isplativ. Rizik povećanja naknade za korištenje mreže je rizik koji na sebe preuzimaju članovi lokalne energetske zajednice, ali to je rizik kojeg nije nelogično preuzeti. Naime, čak i u lošem slučaju (povećanju naknade za korištenje mreže za 20 %) projekt je na rubu isplativosti, dok u boljem slučaju donosi dodatnih 3 588,71 kn uštede godišnje te izrazitu isplativost.

4.3. Srednje poduzetništvo

Kao i u prethodno opisanim sektorima, modeli se razlikuju u financijskoj dobiti i troškovima, ali su u iznosima proizvedene električne energije i električne energije preuzete iz mreže jednaki. Ni u ovom modelu nije bilo viška proizvedene električne energije koja bi se predala u mrežu. Udjeli potrošnje električne energije pokriveni vlastitom proizvodnjom prikazani su na sljedećoj slici.

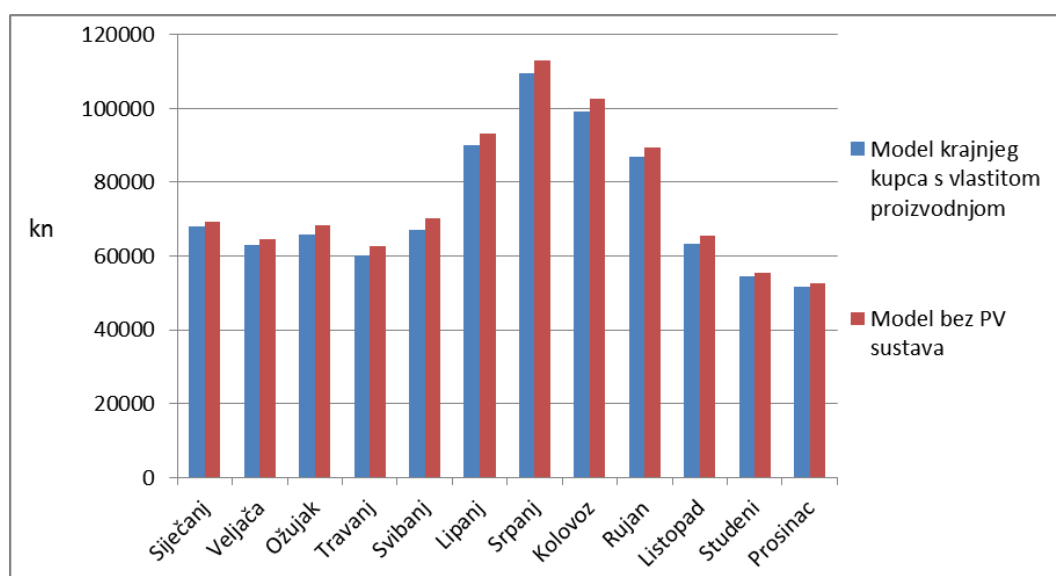


Slika 27. Pokrivenost potrošnje električne energije vlastitom proizvodnjom za sektor srednjeg poduzetništva

Vidljivo je da je u ovako postavljenom modelu pokrivenost potrošnje vlastitom proizvodnjom električne energije izrazito niska (maksimalna je 4,41 % u svibnju). Potrošnja je velika, naročito u sunčanim mjesecima što je razumljivo s obzirom na tip djelatnosti kojima se bave srednji poduzetnici na Korčuli (brodogradnja i turizam). Bez obzira na tako malu uštedu u iznosu preuzete električne energije iz mreže, sustav je isplativ u većini slučajeva.

4.3.1. Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom

Investicijski trošak za fotonaponski sustav snage 20 kW iznosi 220 000 kn. U modelu krajnjeg kupca godišnja ušteda iznosi 27 540,65 kn. Mjesečni troškovi ovog modela uspoređeni s mjesečnim troškovima modela bez PV sustava prikazani su na sljedećoj slici.



Slika 28. Usporedba mjesečnih troškova modela krajnjeg kupca i modela srednjeg poduzetnika bez PV sustava

Godišnji trošak modela krajnjeg kupca iznosi 886 513,45 kn, a godišnji trošak modela srednjeg poduzetnika bez PV sustava iznosi 914 054,10 kn te se tako ostvaruje godišnja ušteda od 27 540,65 kn. Uz tako velike iznose IRR projekta iznosi 11 %, NPV 171 675,72 kn, a JPP 8,32 godine.

4.3.2. Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi

Investicijski troškovi u modelu članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi sniženi su za 30 %, a trošak učlanjivanja u energetskeu zadrugu za srednjeg poduzetnika procijenjen je na 10 000 kn. Ukupni investicijski troškovi tako iznose 164 000 kn te, uz godišnju uštedu u iznosu od 27 540,65 kn, IRR ovog modela iznosi 16 %, NPV 230 442,87 kn, a JPP 6,14 godina.

4.3.3. Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici

Ukupni investicijski troškovi u oba slučaja modela članstva u lokalnoj energetskej zajednici iznose 230 000 kn, a sastoje se od investicijskih troškova jednakih modelu krajnjeg kupca (220 000 kn) uvećanih za trošak učlanjivanja u lokalnu energetskej zajednicu za srednjeg poduzetnika (10 000 kn).

U slučaju 20 %-tnog smanjenja naknade za korištenje mreže, IRR ovog modela iznosi 26 %, NPV 641 534,92 kn, a JPP 3,88 godina. Razlog ovako velikoj isplativosti je činjenica da smanjenje naknade za korištenje mreže donosi dodatnih 32 870,04 kn uštede na već navedenih 27 540,65 kn uštede iz modela krajnjeg kupca. S obzirom na velike količine električne energije koje srednji poduzetnik preuzima iz mreže, to zajedno daje godišnju uštedu od 60 410,69 kn te bez obzira na najveće ukupne investicijske troškove, čini ovaj model najisplativijim za sektor srednjeg poduzetništva.

U slučaju 20 %-tnog povećanja naknade za korištenje mreže, godišnji troškovi naknade za korištenje mreže rastu za 32 870,04 kn te u potpunosti poništavaju iznos godišnje uštede pa se u ovom slučaju stvara godišnji gubitak od 5 329,39 kn. Jasno je da je projekt samim time neisplativ jer ne ostvaruje nikakve uštede na osnovu kojih bi se mogao ostvariti povrat investicije.

4.3.4. Usporedba svih modela za sektor srednjeg poduzetništva

Tablica 18. Usporedba pokazatelja isplativosti za sektor srednjeg poduzetništva

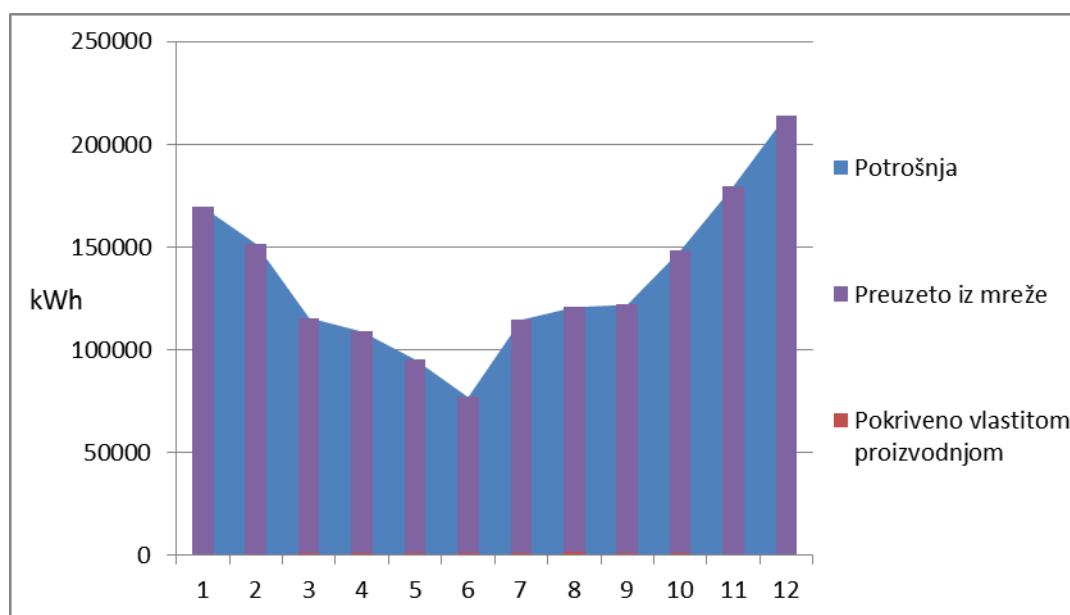
	Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom	Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi	Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici – smanjenje mrežarine	Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici – povećanje mrežarine
IRR	11 %	16 %	26 %	-
NPV	171 675,72 kn	230 422,87 kn	641 534,92 kn	-319 164,60 kn
JPP	8,32	6,14	3,88	-35,5

Vidljivo je kako je najisplativiji model članstva u lokalnoj energetskej zajednici, ali uz pretpostavku 20 %-tnog smanjenja naknade za korištenje mreže. Razlog tome jest činjenica da se u ovom sektoru radi o velikim količinama električne energije, što sa sobom vuče i velike troškove za naknadu za korištenje mreže. Značajno smanjenje tih troškova znači i relativno

veliku uštedu te je zbog toga isplativost tako velika. U slučaju 20 %-tnog povećanja naknade za korištenje mreže, projekt ostvaruje gubitke te nikako nije isplativ. S obzirom da nema jamstva da će članstvom u lokalnu energetska zajednicu naknada za korištenje mreže pasti, preporuka je da se srednji poduzetnik odluči za model članstva u potrošačkoj energetska zadruzi koji se pokazuje manje isplativ, ali sigurniji.

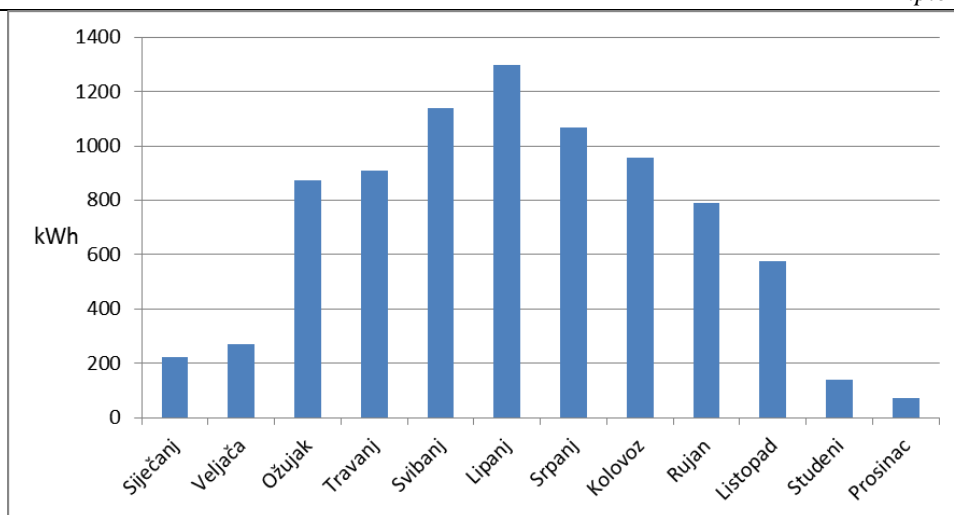
4.4. Javna rasvjeta

Kao i u svim ostalim sektorima, iznosi preuzete i vlastito proizvedene električne energije jednaki su za sve modele te su za sektor javne rasvjete prikazani na sljedećoj slici.



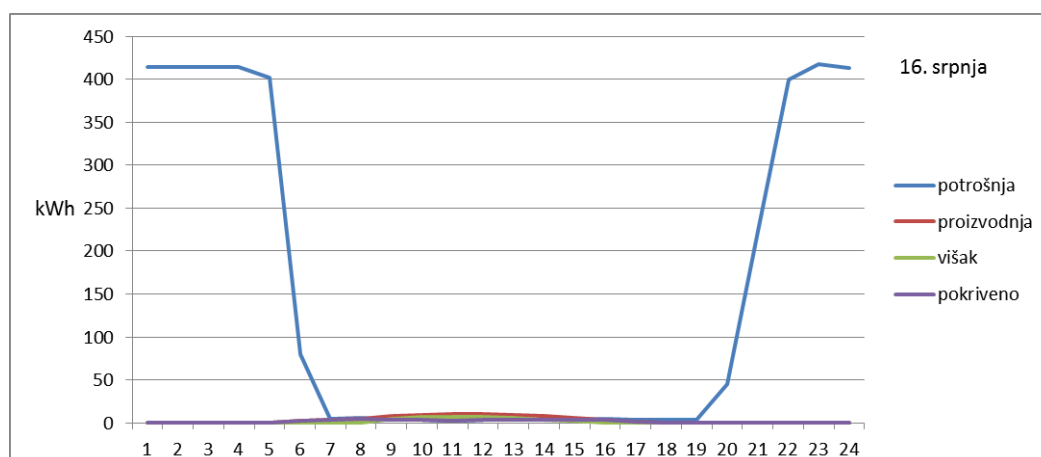
Slika 29. Pokrivenost potrošnje električne energije vlastitom proizvodnjom za sektor javne rasvjete

Očito je kako se najveći dio potrošnje električne energije pokriva električnom energijom preuzetom iz mreže, dok vlastita proizvodnja na godišnjoj razini uspije pokriti samo 1,05 % potrošnje. Ipak, u ovom sektoru velika je količina električne energije predane u mrežu što je vidljivo na sljedećoj slici.



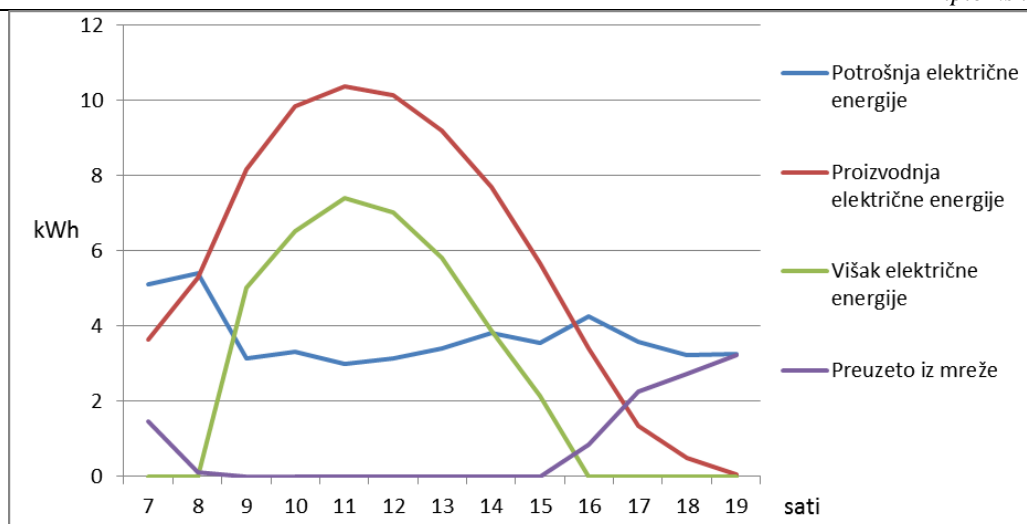
Slika 30. Iznosi viškova proizvedene električne energije predane u mrežu u sektoru javne rasvjete

Naravno, najveći iznosi električne energije predane u mrežu su u ljetnim mjesecima. Razlog ovako velikim iznosima jest neusklađenost vremena proizvodnje (preko dana) i potrošnje električne energije za sektor javne rasvjete (preko noći). Ta neusklađenost prikazana je na sljedećoj slici.



Slika 31. Neusklađenost vremena proizvodnje i potrošnje električne energije za sektor javne rasvjete

Slika 31. prikazuje potrošnju i proizvodnju električne energije za jedan tipičan dan u ljetnim mjesecima (16. srpnja). Vidljivo je kako potrošnja električne energije raste u trenucima zalaska sunca (oko 20 h) i drži stabilnu razinu sve do trenutaka izlaska sunca (oko 5 h). Naravno, u tom vremenu nema nikakve proizvodnje električne energije u PV sustavu. Tokom dana prosječna potrošnja iznosi oko 3,7 kWh po satu te predstavlja dio rasvjete koji osvjetljuje prostor koji je i preko dana u mraku (npr. tunel, pothodnik i sl.). Za to vrijeme PV sustav proizvodi električnu energiju što je vidljivo na sljedećoj slici na kojoj je prikazan dio dana iz gornje slike (od 7 do 19 sati).

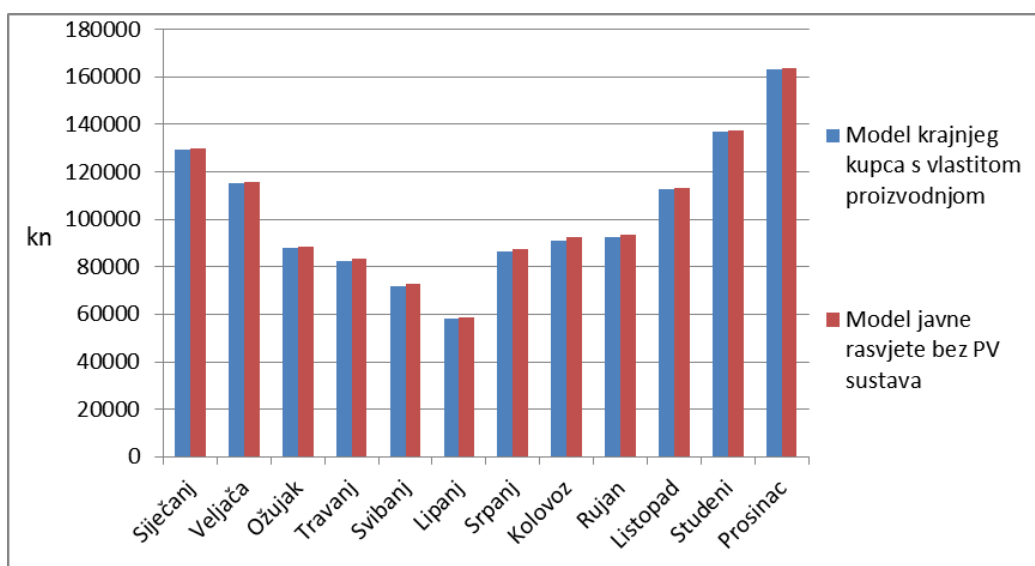


Slika 32. Krivulja proizvodnje i potrošnje električne energije u sektoru javne rasvjete u razdoblju od 7 do 19 sati ljetnog dana

Vidljivo je kako se potrošnja nakon 8 sati kompletno podmiruje električnom energijom proizvedenom u PV sustavu i kako postoje značajni viškovi energije koji se predaju u mrežu. Bez obzira na neusklađenost vremena proizvodnje i potrošnje električne energije u sektoru javne rasvjete, instaliranje fotonaponskog sustava se pokazuje isplativo u većini slučajeva.

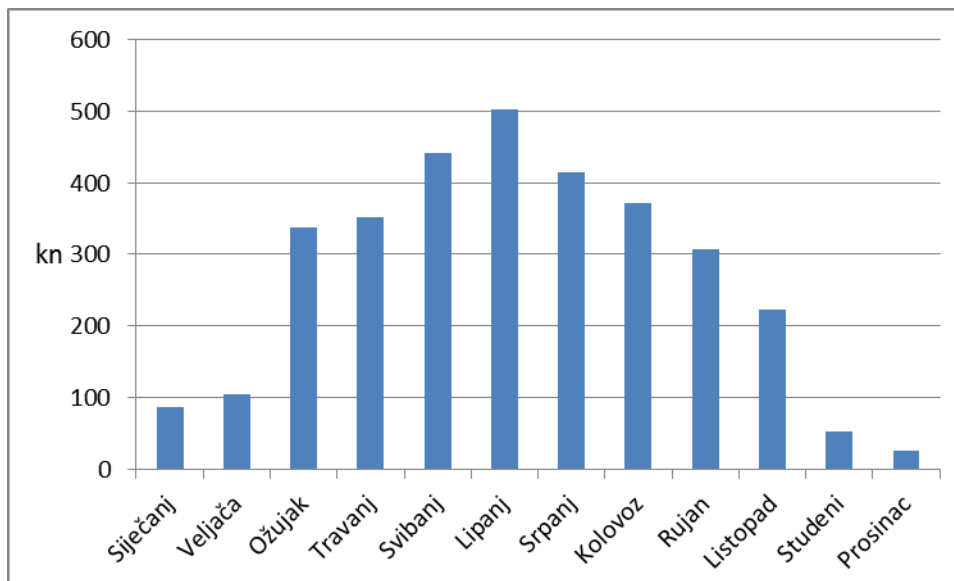
4.4.1. Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom

Investicijski trošak za fotonaponski sustav snage 10 kW iznosi 110 000 kn, a godišnje uštede u modelu krajnjeg kupca iznose 12 389,70 kn. Na sljedećoj slici prikazana je usporedba mjesečnih troškova modela krajnjeg kupca s mjesečnim troškovima modela javne rasvjete bez fotonaponskog sustava.



Slika 33. Usporedba mjesečnih troškova modela krajnjeg kupca s modelom javne rasvjete bez PV sustava

Mjesečni iznosi naknade za energiju predanu mreži prikazani su na sljedećoj slici.



Slika 34. Mjesečni iznosi naknade za energiju predanu mreži

Naravno, naknada je najveća u ljetnim mjesecima kada doseže iznos od 502,78 kn (lipanj). Najniža je u prosincu kada iznosi 27,21 kn, a godišnji iznos je 3 219,55 kn.

Godišnji trošak modela javne rasvjete bez PV sustava iznosi 1 237 375,70 kn, a godišnji trošak modela krajnjeg kupca iznosi 1 228 205,6 kn što daje iznos godišnje uštede od 12 389,70 kn. IRR ovog modela iznosi 10 %, NPV 65 661,99 kn, a JPP 9,29 godina.

4.4.2. Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi

Trošak učlanjivanja u potrošačku energetskej zadrugu za sektor javne rasvjete procijenjen je na 10 000 kn pa, uz 30 %-tno smanjenje investicijskih troškova naspram modela krajnjeg kupca, ukupni investicijski troškovi u modelu članstva u energetskej zadruzi iznose 87 000 kn. Godišnja ušteda jednaka je onoj u modelu krajnjeg kupca te iznosi 12 389,70 kn. IRR ovog modela iznosi 13 %, NPV 89 790,28 kn, a JPP 7,28 godina.

4.4.3. Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici

Trošak učlanjivanja u lokalnu energetskej zajednicu za sektor javne rasvjete procijenjen je na 10 000 kn te ukupni investicijski troškovi u oba slučaja iznose 120 000 kn.

U slučaju 20 %-tnog smanjenja naknade za korištenje mreže, ukupna godišnja ušteda iznosi 86 231,98 kn. Glavnina uštede (73 842,28 kn) ostvaruje se smanjenjem naknade za korištenje mreže. IRR ovog modela iznosi 71 %, NPV 1 134 273,24 kn, a JPP 1,4 godine. Ovaj model je najisplativiji za sektor javne rasvjete.

U slučaju 20 %-tnog povećanja naknade za korištenje mreže, trošak naknade za korištenje mreže raste za 73 842,28 kn naspram referentnog te model posluje s godišnjim gubitkom od 61 452,58 kn. Očito je da u ovom slučaju, projekt nije isplativ.

4.4.4. Usporedba svih modela za sektor javne rasvjete

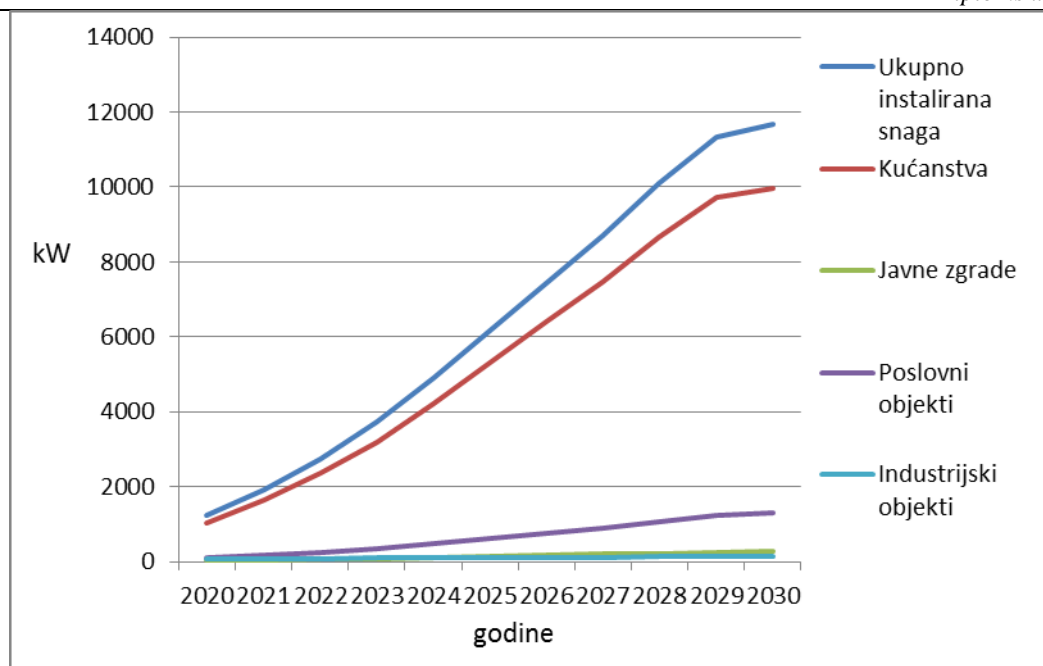
Tablica 19. Usporedba pokazatelja isplativosti za sektor javne rasvjete

	Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom	Model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi	Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici – smanjenje mrežarine	Model članstva u lokalnoj energetskej zajednici – povećanje mrežarine
IRR	10 %	13 %	71 %	-
NPV	65 661,99 kn	89 790,28 kn	1 134 273,24 kn	-1 013 439,83 kn
JPP	9,29	7,28	1,4	-1,77

Očito je kako je daleko najisplativiji model članstva u lokalnoj energetskej zajednici u slučaju 20 %-tnog snižavanja naknade za korištenje mreže. Ipak, s obzirom da nema jamstva da će cijena naknade za korištenje mreže pasti, već postoji i mogućnost njenog rasta, preporučljivo je da se za sektor javne rasvjete odabere model članstva u potrošačkoj energetskej zadruzi.

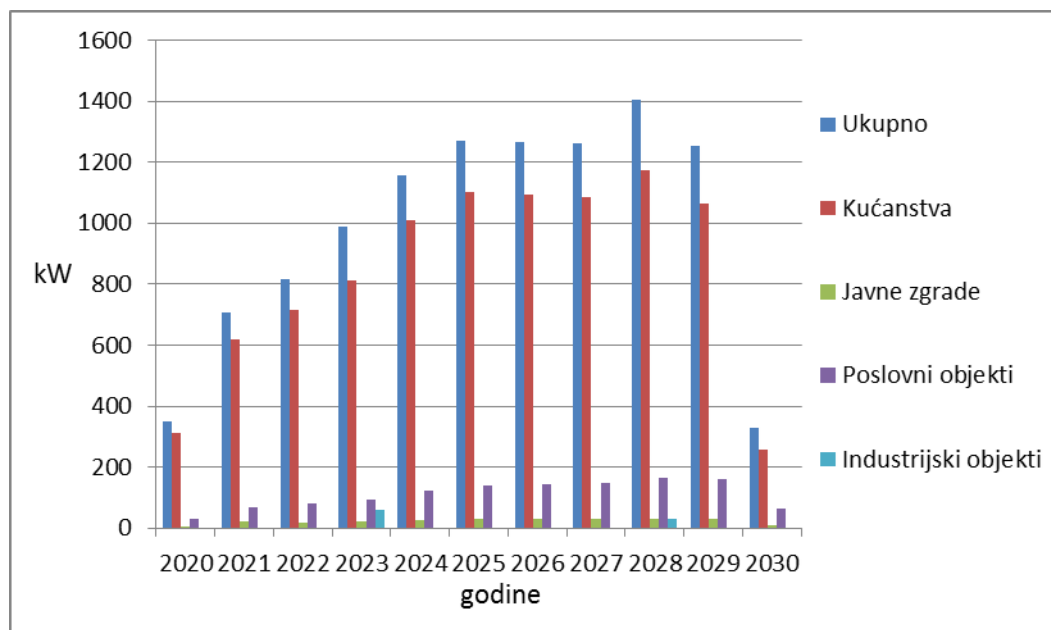
4.6. Izvedbeni model solarizacije

Izvedbenim modelom solarizacije simulirana je implementacija 11,68 MW fotonaponskih sustava na otoku Korčuli do 2030. godine. Na sljedećoj slici prikazane su instalirane snage PV sustava po različitim sektorima.



Slika 35. Ukupno instalirane snage PV sustava prema izvedbenom modelu za razdoblje od 2020. do 2030. godine

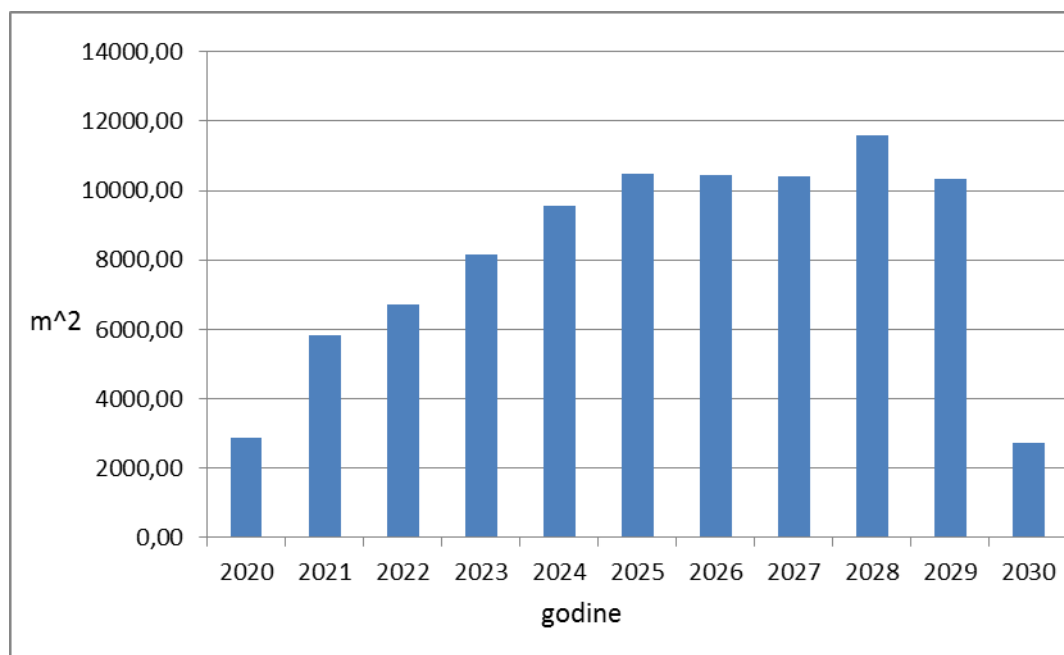
Vidljivo je kako je najveći iznos snage instaliran na krovovima kućanstava. Svako od 4 987 kućanstva koliko ih je predviđeno za 2030. godinu ima PV sustav snage 2 kW što daje ukupnu snagu od 9,974 MW. Na 26 javnih zgrada instalirani su PV sustavi snage 10 kW što daje ukupnu snagu od 260 kW, dok poslovni objekti imaju instalirane PV sustave snage 3 kW i ukupnu snagu od 1,296 MW. Na sljedećoj slici prikazani su iznosi novoinstaliranih PV sustava po godinama za određene sektore.



Slika 36. Novoinstalirani PV sustavi po godinama za različite sektore

Vidljiv je tempo instalacije novih PV sustava i jasno se vidi kako godišnji iznosi u početku lagano rastu. Nakon nekoliko godina ustaljuju se na višoj razini sve do posljednje godine kada zbog zasićenosti kapaciteta padaju na manje stope. Industrijski objekti nisu slijedili takav način implementacije PV sustava već je za njih predviđeno da su 2023. godine ugradili 60 kW PV sustava, a 2028. godine dodatnih 30 kW.

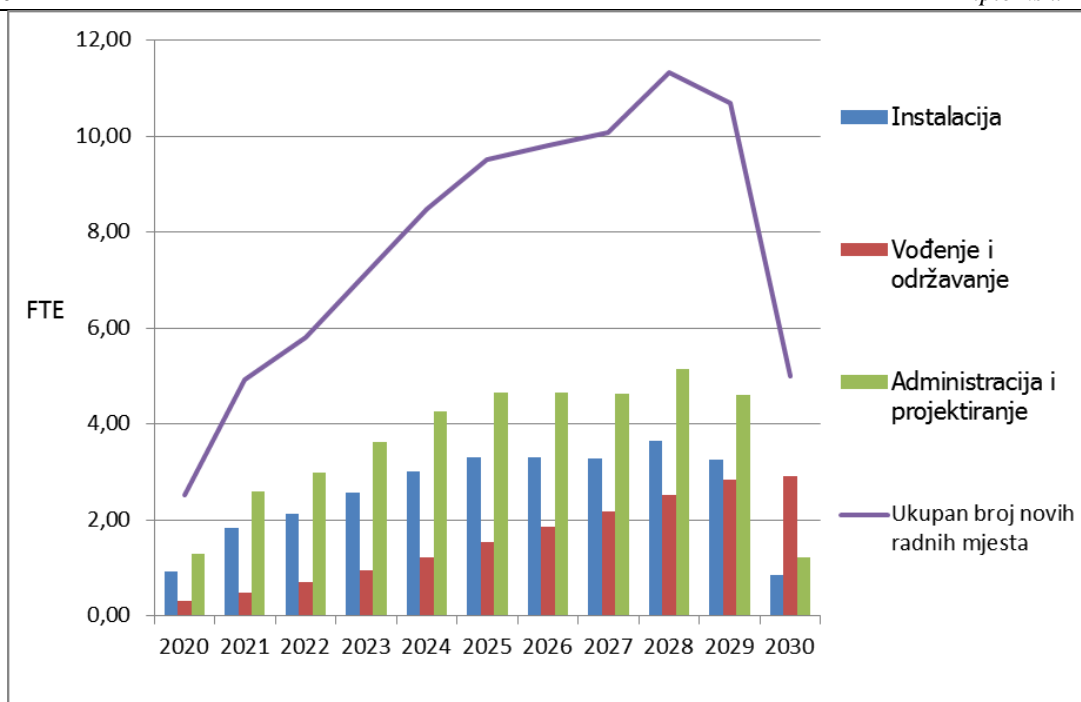
Potrebna površina krovova za novoinstalirane PV sustave za svaku godinu prikazana je na sljedećoj slici.



Slika 37. Potrebna površina krovova za novoinstalirane PV sustave za razdoblje od 2020. do 2030. godine

Za iznos instalirane snage od 11,68 MW ukupno je potrebno 96 360 m² površine krovova. Ukupan broj krovova dostupnih za instalaciju jest 5 448 krovova što daje potrebnu prosječnu veličinu površine jednog krova od 17,69 m² što je iznos koji nije prevelik za jedno kućanstvo ili poslovni objekt.

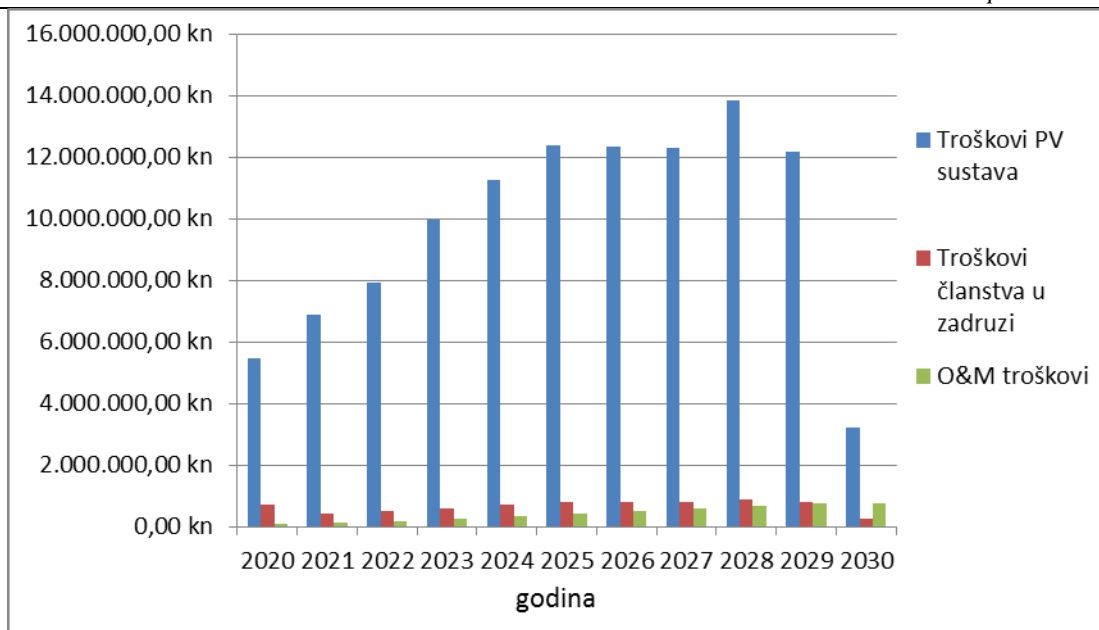
Jedan od bitnijih socijalnih parametara je broj novootvorenih radnih mjesta vezanih uz fotonaponsku industriju. Implementiranje 11,68 MW fotonapona na otoku Korčuli donijelo bi potrebu za otvaranjem novih radnih mjesta, kako onih vezanih uz vođenje i održavanje tih sustava, tako i administrativno-projektantskih te vezanih uz instalaciju samih PV sustava. Na sljedećoj slici prikazana je potreba za novim radnim mjestima u svakoj godini iskazana u broju poslova na puno radno vrijeme (FTE – engl. *full time equivalents*).



Slika 38. Godišnja potreba za radnicima na puno radne vrijeme za instalaciju PV sustava snage 11,68 MW

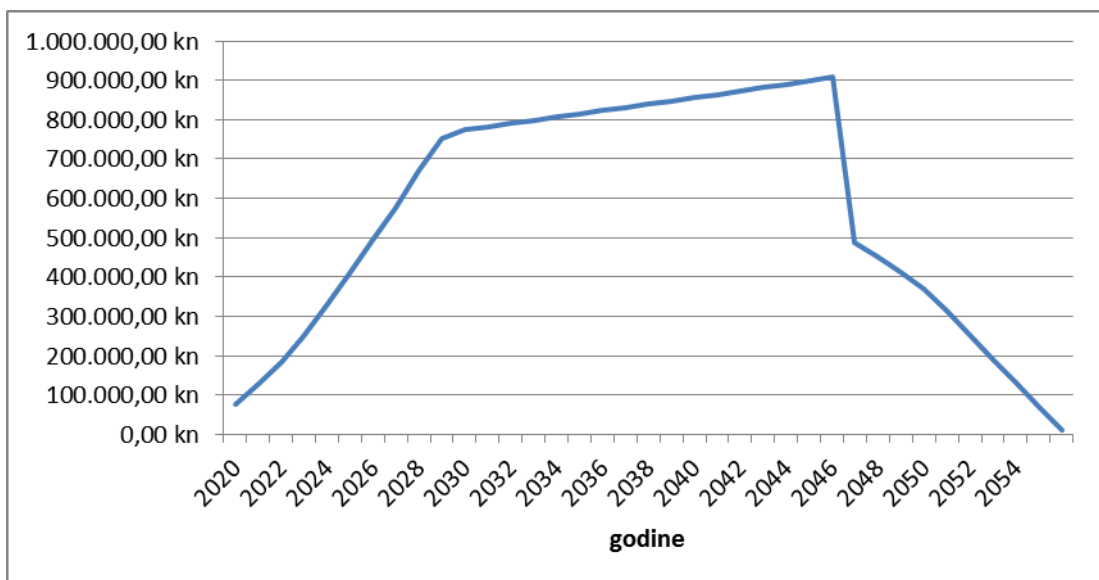
Razumljivo je da potreba za radnicima vezanim uz vođenje i održavanje PV sustava raste kako raste i iznos ukupno instalirane snage PV sustava, dok ostale vrste poslova prate kretanje novoinstaliranih PV sustava u toj godini. Prosjek ukupno novootvorenih radnih mjesta za ovo razdoblje iznosi 7,75 FTE, dok prosjek za razdoblje od 2023. nadalje iznosi 9 FTE. Ta brojka čini udio od 1 % svih slobodnih radnih mjesta za otok Korčulu te 0,23 % ukupnog broja zaposlenih otoka Korčule. U 2030. godini vidljiv je pad potrebnih radnih mjesta, ali s obzirom da model nije uzimao u obzir dodatno povećanje snage i postavljanje novih PV panela umjesto onih kojima je istekao životni vijek, za očekivati je da broj radnih mjesta ostane na stabilnoj razini.

Ukupni troškovi implementacije 11,68 MW fotonaponskih panela kroz članstvo u energetske zadruzi iznose 135,89 milijuna kuna, a najveći dio (79,4 %) otpada na investicijske troškove, dok troškovi članstva u zadruzi i troškovi vođenja i održavanja zauzimaju manje dijelove (5,3 % članstvo u zadruzi i 15,3 % O&M). Ipak, bitno je naglasiti da je to projekcija troškova do 2055. godine kada prestaje životni vijek PV sustava koji su instalirani u posljednjoj godini simulacije – 2030. godini. Na sljedećoj slici prikazani su godišnji troškovi za razdoblje od 2020. do 2030. godine.



Slika 39. Godišnji troškovi za razdoblje od 2019. do 2030. godine

Vidljivo je kako su investicijski troškovi PV sustava uvjerljivo najveći trošak, ali i da je njihov iznos, zajedno s iznosom troškova članstva u energetskej zadruzi, proporcionalan instaliranoj snazi PV u određenoj godini. Troškovi vođenja i održavanja su razmjerno niski naspram investicijskih troškova i troškova članstva u zadruzi u razdoblju od 2020. do 2030. godine, ali nakon toga rastu i dolaze do iznosa od 908 510,23 kn godišnje u 2046. godini. Troškovi vođenja i održavanja prikazani su na sljedećoj slici.

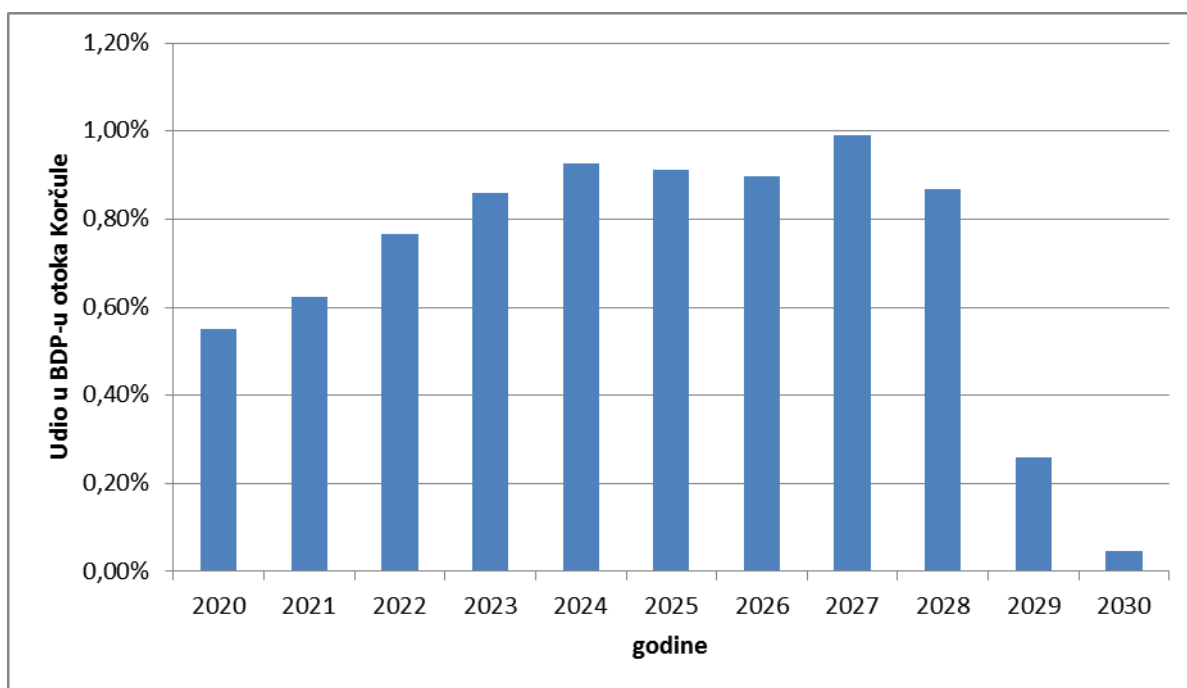


Slika 40. Troškovi vođenja i održavanja za cijeli životni vijek instaliranog PV sustava

Vidljivo je kako troškovi rastu proporcionalno ukupno instaliranoj snazi PV sustava sve do 2030. godine kada snaga sustava postaje maksimalna. Nakon toga troškovi vođenja i održavanja rastu po godišnjoj stopi od 2 % zbog starenja komponenti PV sustava i dosežu

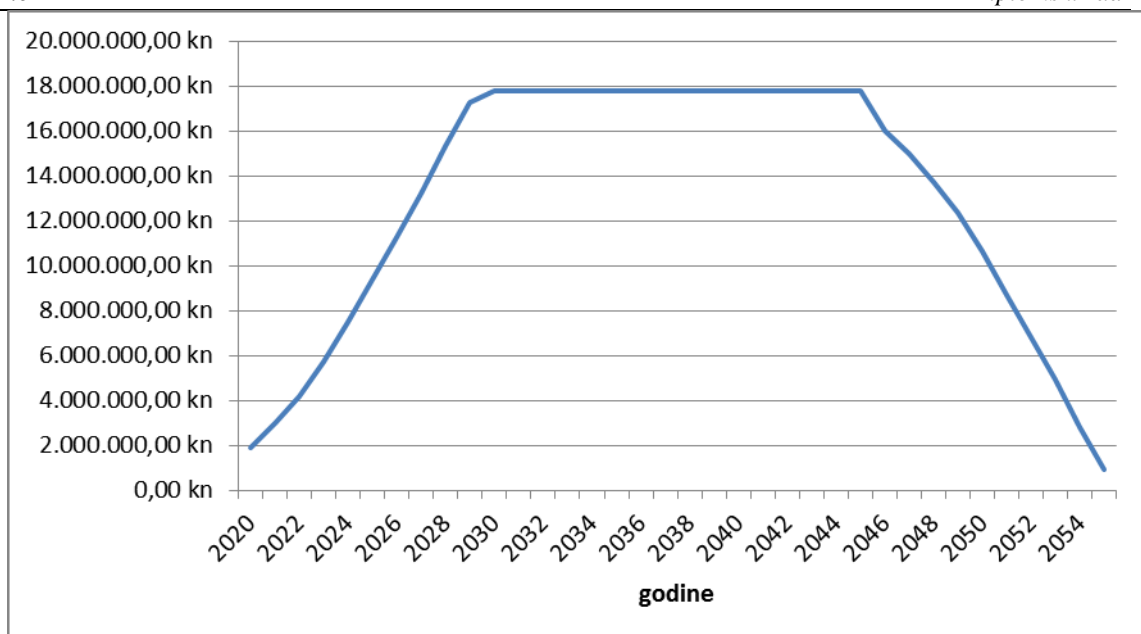
vlastiti maksimum u 2046. godini. Nakon toga slijedi streloviti pad u troškovima vođenja i održavanja što je logično s obzirom da se nakon te godine iz sustava isključuju oni PV paneli koji su bili prvi instalirani u 2020. godini i kojima je istekao životni vijek. Nakon toga svake godine slijedi novi pad instalirane snage zbog gašenja sljedeće generacije PV panela sve dok se 2056. ne ugase i PV paneli instalirani 2030. godine. Bitno je opet naglasiti da je to projekcija troškova vođenja i održavanja samo za PV panele instalirane u razdoblju od 2020. do 2030. godine, dok će u realnosti ti troškovi biti na stabilnoj razini jer će PV paneli kojima je istekao životni vijek biti zamijenjeni novima.

Udio ukupnih troškova u BDP-u otoka Korčule u razdoblju od 2019. do 2030. godine prikazan je na sljedećoj slici.



Slika 41. Udio ukupnih troškova u BDP-u otoka Korčule

Vidljivo je kako udio ukupnih troškova u BDP-u doseže maksimalno oko 1 % dok je desetogodišnji prosjek 0,68 %. Uštede ostvarene implementacijom 11,68 MW fotonaponskih panela slijede rast instalirane snage kako je vidljivo na sljedećoj slici.



Slika 42. Godišnje uštede ostvarene implementacijom 11,68 MW fotonaponskih panela

Uštede svoj maksimum postižu u 2030. godini kada je postignut i maksimum instalirane snage te sljedećih 15 godina iznose 17,75 milijuna kuna godišnje. Naravno, kad krene gašenje PV panela koji su počeli s radom 2020. godine, pada i iznos ostvarenih ušteda sve dok ne dođe do gašenja i posljednje instaliranih PV panela. Zbroj godišnjih ušteda iznosi 464,57 milijuna kuna, ali je bitno naglasiti da je većina ušteda ostvarena u kasnijim fazama projekta kada novac gubi svoju vrijednost naspram novca u počecima projekta. Ipak, projekt se pokazuje isplativim jer je njegova unutarnja stopa povrata (IRR) jednaka 15,05 % i veća je od diskontne stope za projekte energetske učinkovitosti i OIE koju koristi Hrvatska banka za obnovu i razvoj koja iznosi 4,24 %. Neto sadašnja vrijednost (NPV) projekta je 118,8 milijuna kuna.

4.7. Utjecaj električnih vozila na poslovni model i isplativost PV sustava

Implementiranje 1 849 električnih automobila u sustav 2030. godine ima utjecaj na isplativost cijelog sustava, ovisno o načinu punjenja električnih automobila. U sljedećoj tablici prikazani su rezultati vezani uz potrošnju i troškove automobila s motorima s unutarnjim izgaranjem.

Tablica 20. Rezultati za automobile s motorima s unutarnjim izgaranjem

Vrsta goriva	Broj automobila	Potrošnja goriva [L]	Godišnji trošak goriva po automobilu [kn]
Benzin	2 625	3 478 390	12 679,11

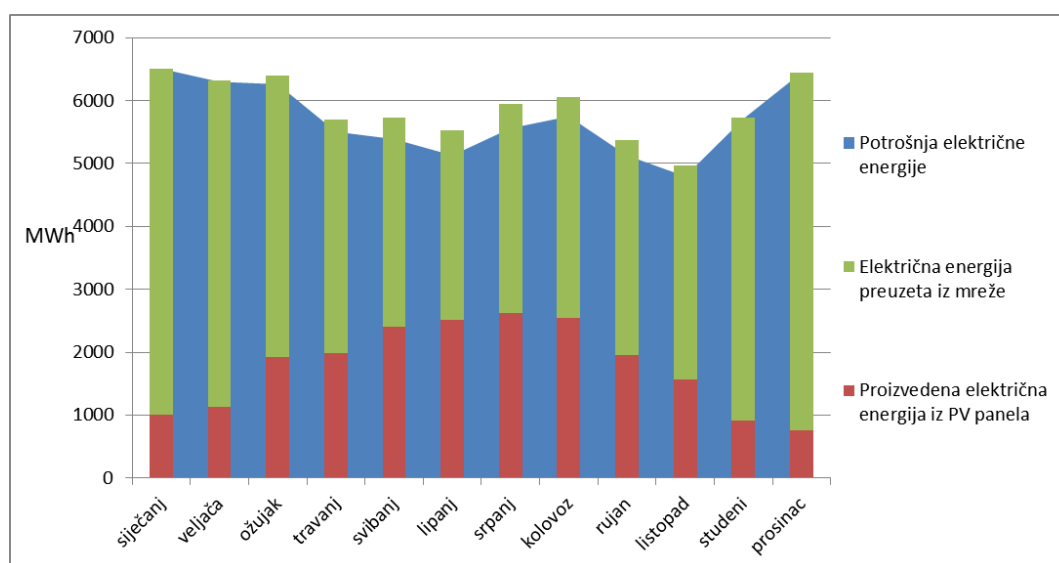
Dizel	2 161	2 669 075	11 204,73
-------	-------	-----------	-----------

Prosječan godišnji trošak goriva za automobile s motorima s unutarnjim izgaranjem prema tome iznosi 11 941,92 kn. Kako bi broj kilometara koje prijeđu automobili na otoku Korčuli ostao jednak u slučaju implementacije 1 849 električnih automobila, električna potrošnja EV-a iznosi 4 700 MWh što daje godišnji trošak od 2 513,32 kn po automobilu za električnu energiju potrebnu za namirivanje te potrošnje. Godišnja ušteda u troškovima za gorivo u slučaju korištenja EV-a tako iznosi 9 428,59 kn. Godišnji trošak održavanja EV-a iznosi 3 860,57 kn i veći je od troška za održavanje automobila s motorom s unutarnjim izgaranjem koji iznosi 2 793,97 kn. Prema tome, godišnji gubitak u slučaju korištenja EV-a iznosi 1 066,61 kn. Investicijski troškovi prosječnog električnog automobila nabavljenog preko energetske zadruge (cijena manja za 15 % od maloprodajne) iznose 193 029 kn, a investicijski troškovi prosječnog automobila s motorom s unutarnjim izgaranjem iznose 139 698 kn. U slučaju kupnje električnog vozila, investicijski gubitak iznosi 53 330 kn.

Kako bi uštede u slučaju implementiranja električnih vozila mogle biti izračunate, potrebno je prvo doći do rezultate za referentni slučaj prema kojemu će se uštede moći usporediti. Taj slučaj je sustav bez električnih vozila čiji su rezultati pokazani u nastavku.

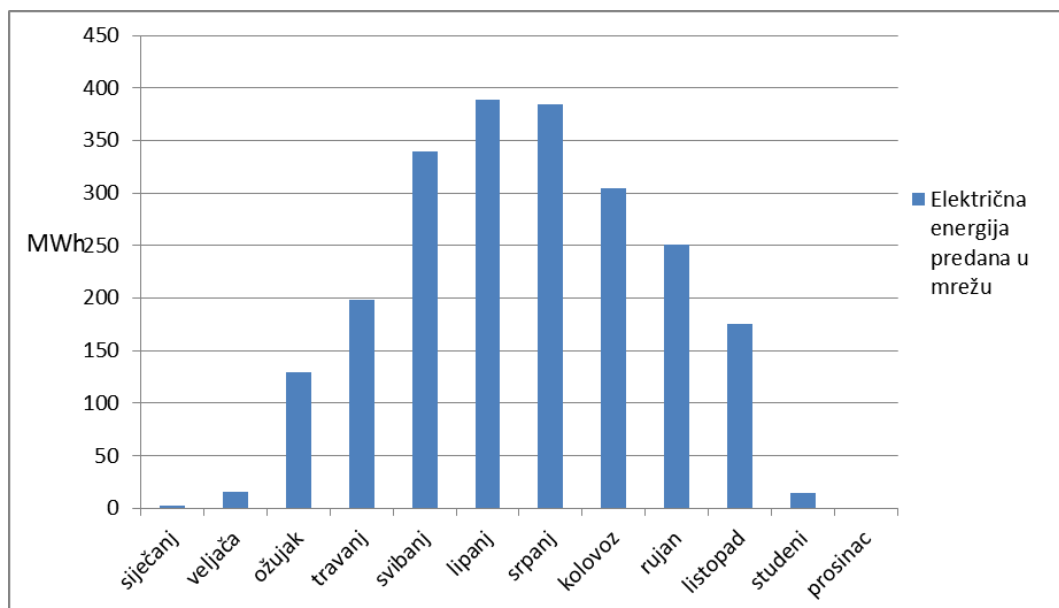
4.7.1. Sustav bez električnih vozila

Slučaj sustava bez električnih vozila korišten je kao referentan slučaj naspram kojeg su uspoređeni slučajevi implementacije električnih vozila i na osnovu čega je računata ušteda ostvarena implementacijom EV-a. Udjeli potrošnje električne energije pokriveni vlastito proizvedenom energijom iz PV panela prikazani su na sljedećoj slici.



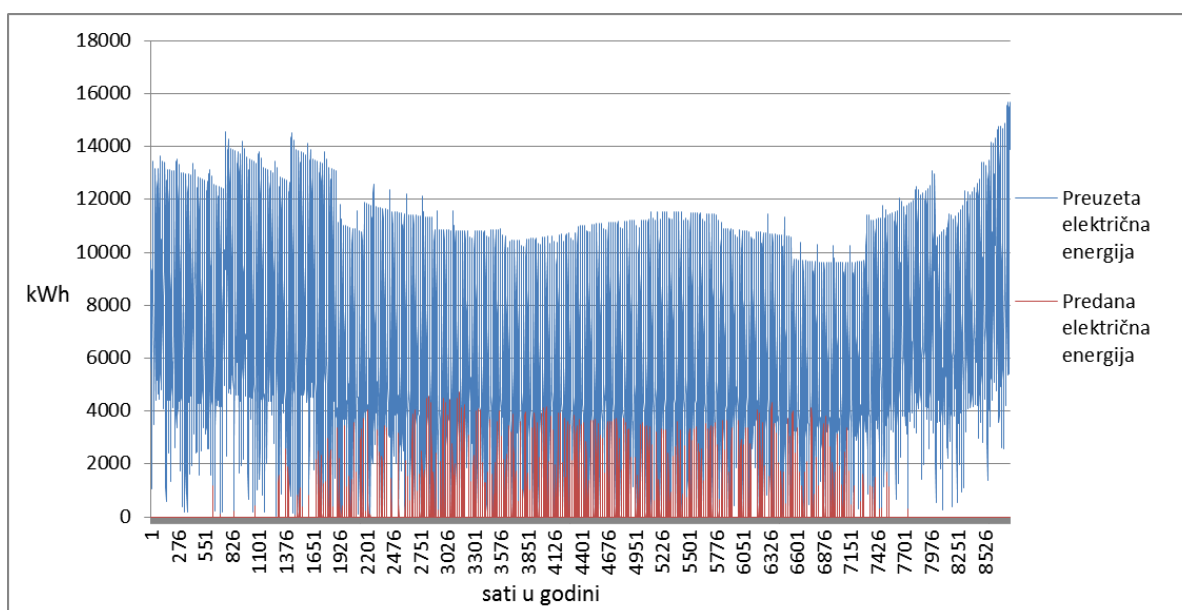
Slika 43. Pokrivenost potrošnje električne energije vlastito proizvedenom električnom energijom iz PV panela u slučaju sustava bez električnih vozila

Naravno, najveći udjeli potrošnje pokriveni vlastito proizvedenom energijom iz PV panela su u ljetnim mjesecima (maksimum je lipanj s 48,97 %) što se poklapa s rezultatima za jedno kućanstvo prikazanim ranije (Slika 20). Razlika između zbroja vlastito proizvedene i preuzete električne energije te potrošnje električne energije jest iznos električne energije predane u mrežu. Mjesečni iznosi predane električne energije u mrežu prikazani su na sljedećoj slici.



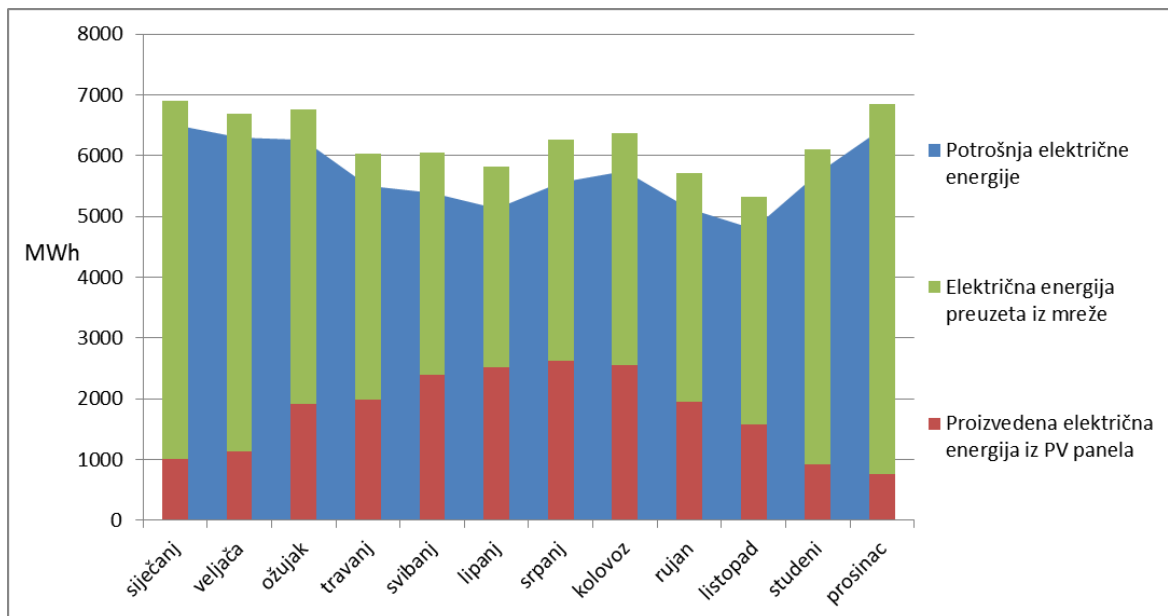
Slika 44. Električna energija predana u mrežu u slučaju sustava bez električnih vozila

Iznosi preuzete i predane električne energije u svakom satu godine prikazani su na sljedećoj slici.

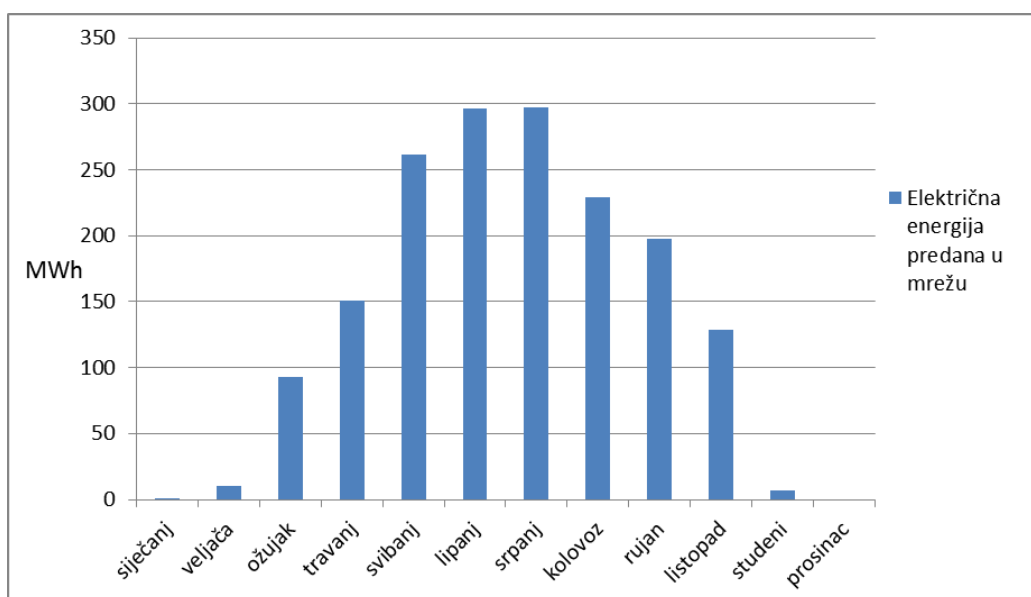


Slika 45. Satne krivulje preuzete i predane električne energije u sustavu bez EV-a**4.7.2. Sustav s nereguliranim (dump) načinom punjenja električnih vozila**

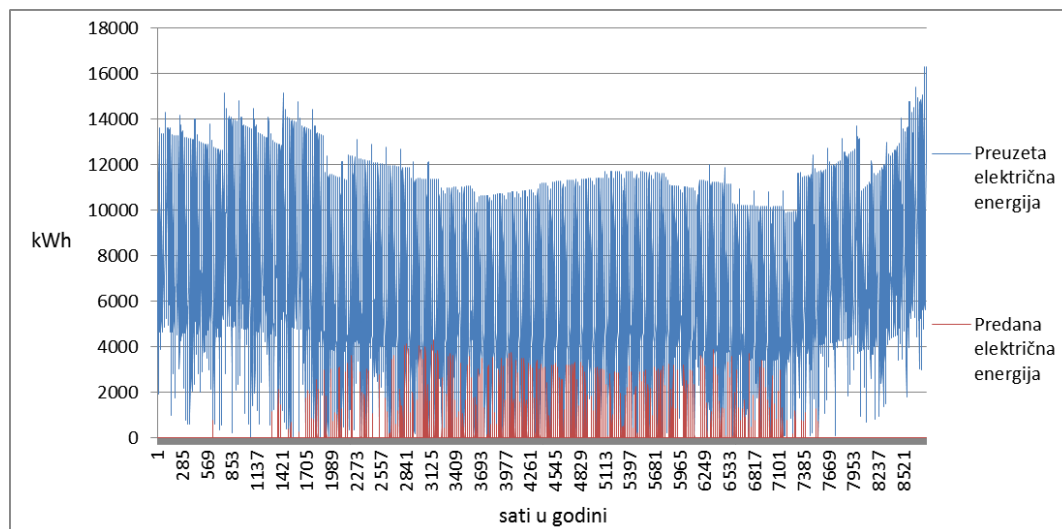
Udjeli potrošnje električne energije pokriveni vlastito proizvedenom energijom iz PV panela i električnom energijom preuzetom iz mreže prikazani su na sljedećoj slici.

**Slika 46. Pokrivenost potrošnje električne energije vlastito proizvedenom električnom energijom iz PV panela u slučaju *dump* načina punjenja električnih vozila**

Pokrivenost potrošnje vlastito proizvedenom električnom energijom u slučaju *dump* punjenja električnih vozila jednaka je onoj iz slučaja bez EV-a, ali se mijenjaju iznosi električne energije preuzete iz mreže. Jednako tako, mijenjaju se i iznosi električne energije predane mreži koji su prikazani na sljedećoj slici.

**Slika 47. Električna energija predana u mrežu u slučaju *dump* punjenja EV-a**

Iznosi preuzete i predane električne energije u svakom satu godine prikazani su na sljedećoj slici.



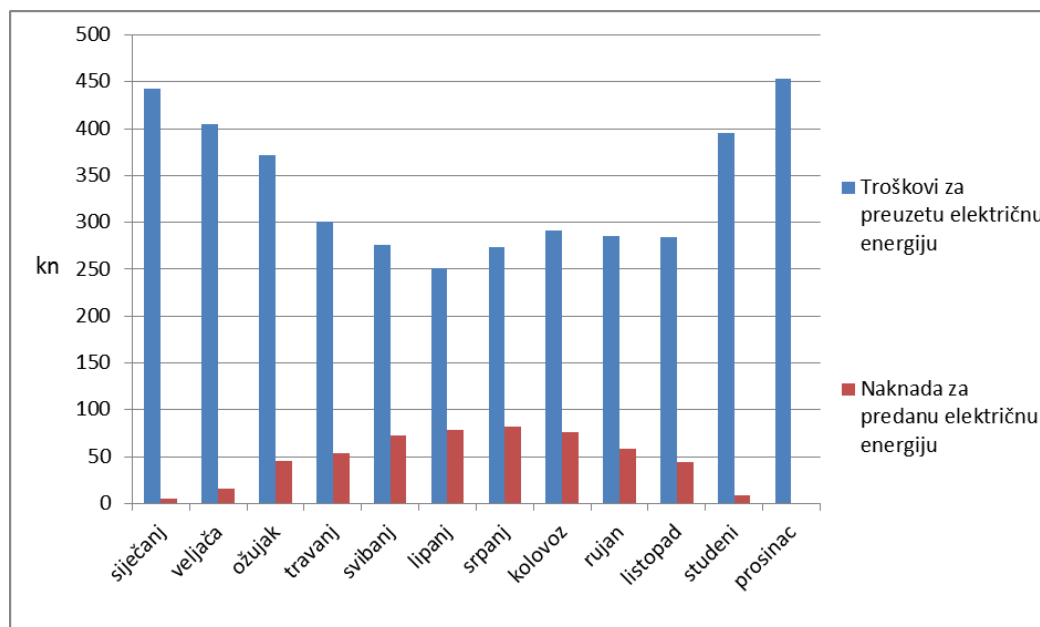
Slika 48. Satne krivulje preuzete i predane električne energije u sustavu s *dump* punjenjem EV-a

Promjena iznosa preuzete i predane električne energije naspram slučaja bez EV-a prikazana je u sljedećoj tablici.

Tablica 21. Promjena iznosa preuzete i predane električne energije po mjesecima u slučaju *dump* punjenja EV-a

	Promjena iznosa preuzete električne energije	Promjena iznosa predane električne energije
Siječanj	+7,21 %	-66,67 %
Veljača	+7,09 %	-31,82 %
Ožujak	+8,09 %	-28,16 %
Travanj	+9,1 %	-23,91 %
Svibanj	+9,62 %	-23,03 %
Lipanj	+9,74 %	-23,7 %
Srpanj	+9,34 %	-22,82 %
Kolovoz	+9,22 %	-24,69 %
Rujan	+9,68 %	-21,26 %
Listopad	+10,33 %	-26,69 %
Studeni	+7,85 %	-50 %
Prosinac	+7,01 %	0 %

Preslikavanjem navedenih promjena na model kućanstva koje je član potrošačke energetske zadruge mijenjaju se iznosi mjesečnih troškova za preuzetu električnu energiju i mjesečnih naknada za električnu energiju predanu mreži. Promijenjeni iznosi za slučaj kada kućanstvo s instaliranim PV panelima koristi električno vozilo koje puni *dump* načinom punjenja prikazani su na sljedećoj slici.

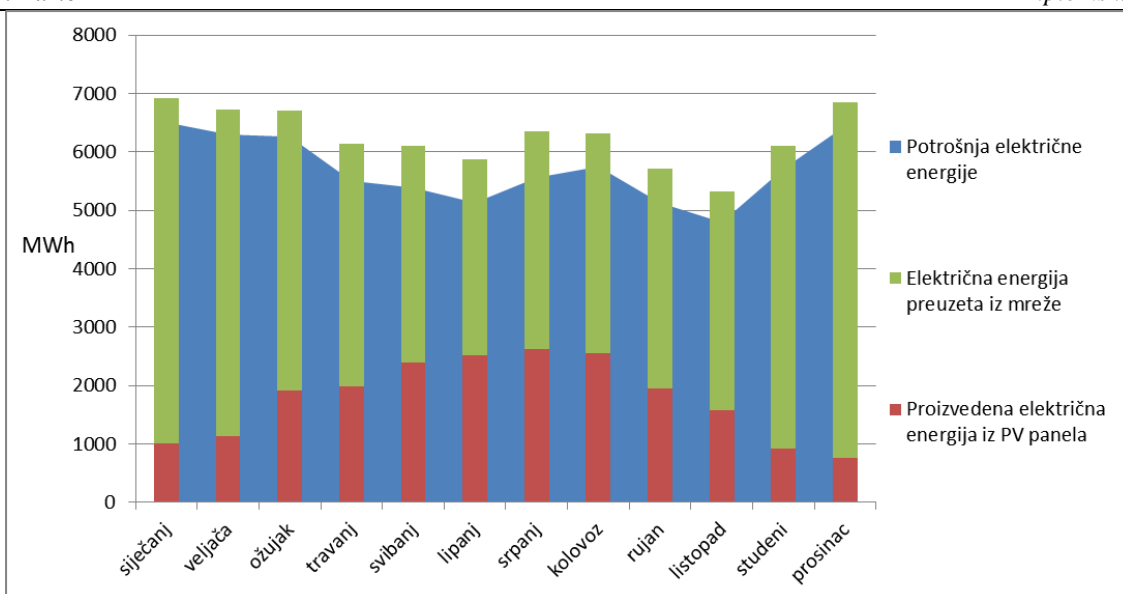


Slika 49. Mjesečni troškovi za kućanstvo koje EV puni *dump* načinom punjenja

Ukupni godišnji troškovi električne energije za ovakvo kućanstvo iznose 4 031,77 kn, a godišnja naknada za predanu električnu energiju iznosi 540,33 kn. Godišnja ušteda na električnoj energiji kućanstva koje ima instalirane PV panele i koje električno vozilo puni *dump* načinom punjenja naspram kućanstva bez PV panela i električnog vozila iznosi 2 555,55 kn. Ova godišnja ušteda je za 340,21 kn manja od godišnje uštede kućanstva koje samo ima instalirane PV panele. Kad se na taj iznos dodaju godišnje uštede u troškovima goriva od 9 428,59 kn te oduzmu godišnji troškovi održavanja EV-a u iznosu od 1 066,61 kn, ukupna godišnja ušteda u životnom vijeku EV-a iznosi 10 814,55 kn. S povećanjem investicijskog troška od 53 330,25 kn, IRR ovog projekta (PV paneli + *dump* punjenje EV-a) iznosi 12,50 % i manji je od onog za kućanstvo samo s PV panelima (IRR u tom slučaju iznosi 12,82 %). NPV je u ovom slučaju 52 286,15 kn, a JPP je smanjen s 7,37 godina na 6,83 godine.

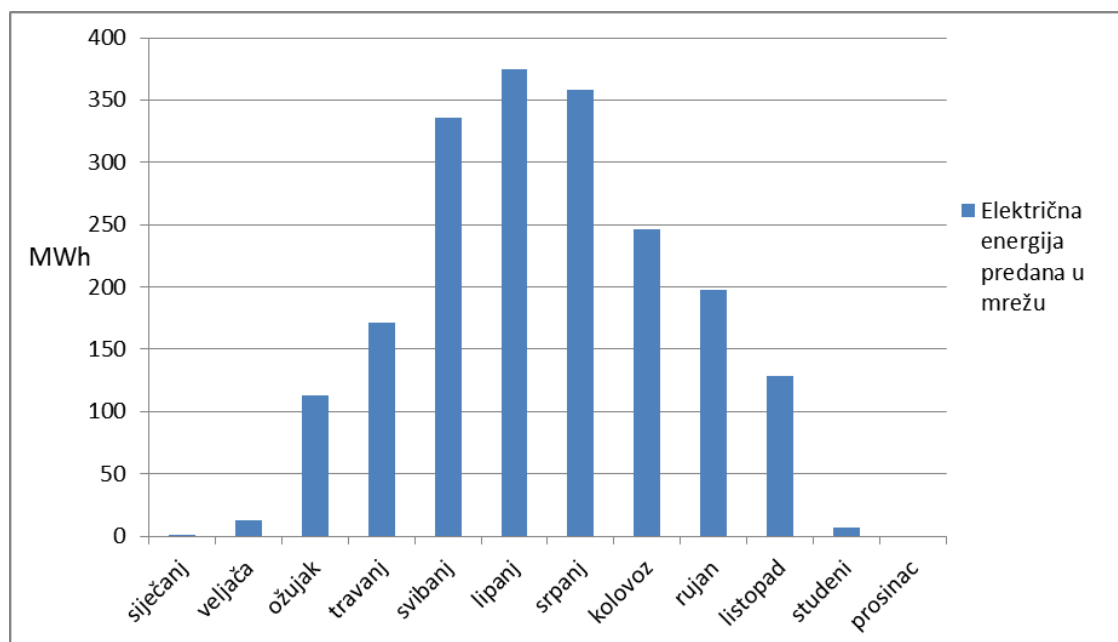
4.7.3. Sustav s pametnim (*smart*) načinom punjenja električnih vozila

Udjeli potrošnje električne energije pokriveni vlastito proizvedenom energijom iz PV panela i električnom energijom preuzetom iz mreže prikazani su na sljedećoj slici.



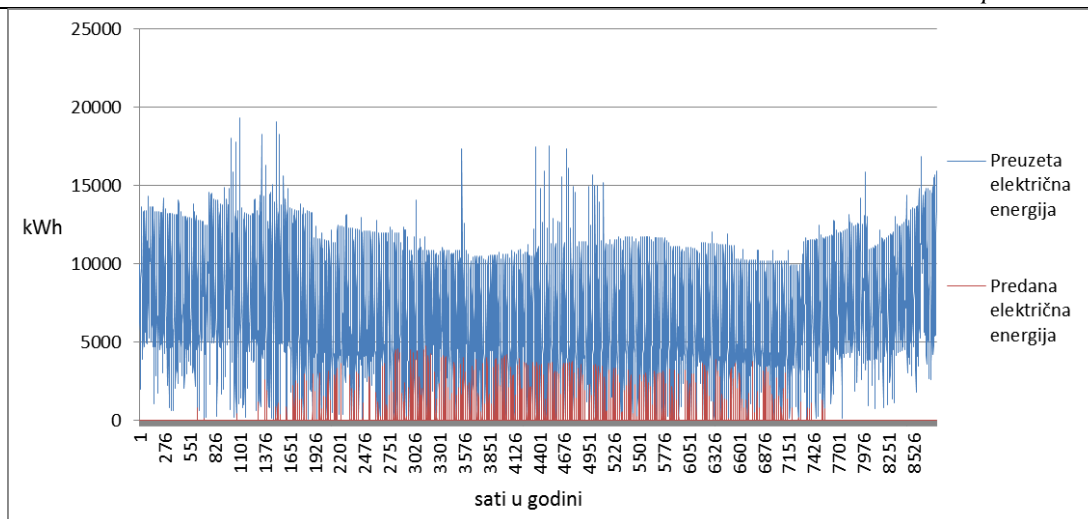
Slika 50. Pokrivenost potrošnje električne energije vlastito proizvedenom električnom energijom iz PV panela u slučaju *smart* načina punjenja električnih vozila

Kao i u gornjem slučaju, mijenjaju se samo iznosi preuzete i predane električne energije u mrežu. Mjesečni iznosi predane električne energije u mrežu prikazani su na sljedećoj slici.



Slika 51. Električna energija predana u mrežu u slučaju *smart* punjenja EV-a

Vidljivo je da su iznosi predane električne energije u mrežu veći nego u slučaju dump punjenja EV-a (Slika 47). Iznosi preuzete i predane električne energije u svakom satu godine prikazani su na sljedećoj slici.



Slika 52. Satne krivulje preuzete i predane električne energije u slučaju *smart* punjenja EV-a

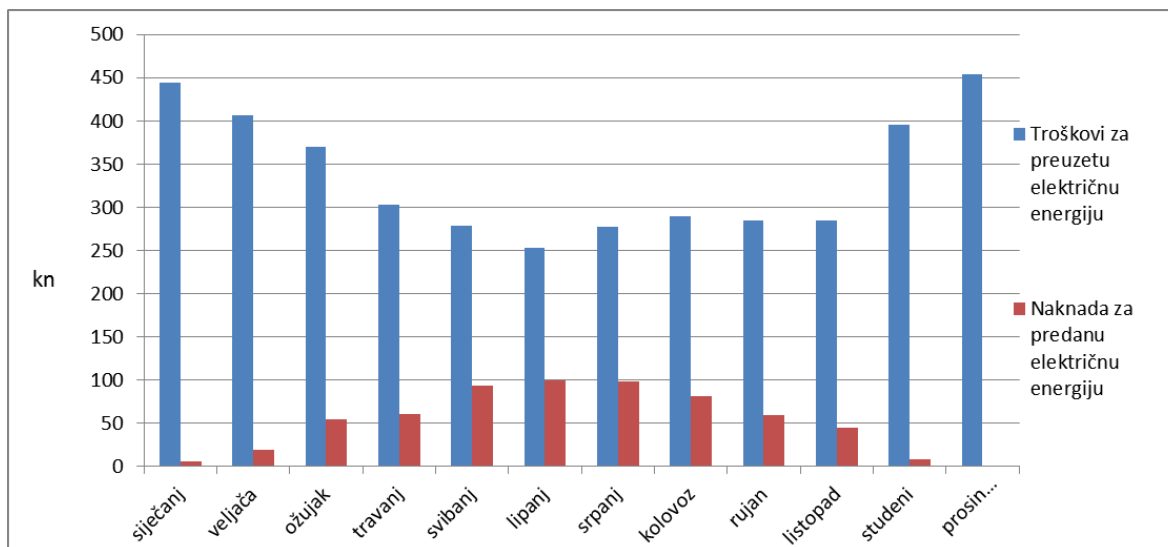
Promjene iznosa preuzete i predane električne energije naspram slučaja bez EV-a prikazani su u sljedećoj tablici.

Tablica 22. Promjena iznosa preuzete i predane električne energije po mjesecima u slučaju *smart* punjenja EV-a

	Promjena iznosa preuzete električne energije	Promjena iznosa predane električne energije
Siječanj	+7,6 %	-66,67 %
Veljača	+7,94 %	-13,64 %
Ožujak	+7,14 %	-12,64 %
Travanj	+11,52 %	-13,77 %
Svibanj	+11,43 %	-1,09 %
Lipanj	+11,73 %	-3,7 %
Srpanj	+12,36 %	-6,96 %
Kolovoz	+7,52 %	-19,07 %
Rujan	+9,68 %	-21,26 %
Listopad	+10,33 %	-26,69 %
Studeni	+7,85 %	-50 %
Prosinac	+7,01 %	0 %

Preslikavanjem navedenih promjena na model kućanstva koje je član potrošačke energetske zadruge mijenjaju se iznosi mjesečnih troškova za preuzetu električnu energiju i mjesečnih naknada za električnu energiju predanu mreži. Promijenjeni iznosi za slučaj kada

kućanstvo s instaliranim PV panelima koristi električno vozilo koje puni *smart* načinom punjenja prikazani su na sljedećoj slici.

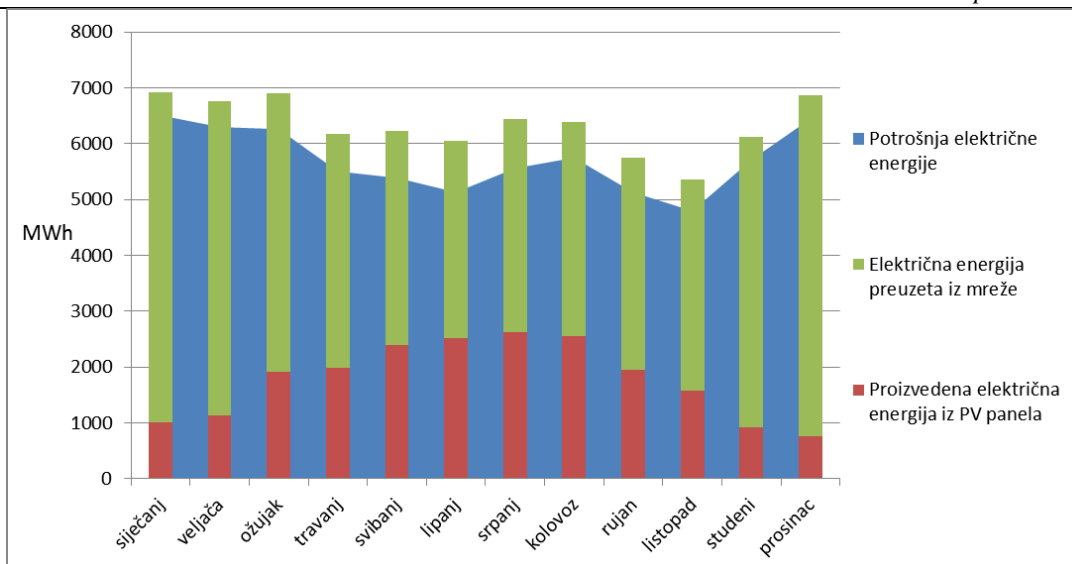


Slika 53. Mjesečni troškovi za kućanstvo koje EV puni *smart* načinom punjenja

Ukupni godišnji troškovi za električnu energiju u ovom slučaju iznose 4 041,09 kn, a naknada za predanu električnu energiju iznosi 625,20 kn. Godišnja ušteda na električnoj energiji ovog kućanstva (PV paneli + *smart* način punjenja EV-a) naspram kućanstva bez PV panela i EV-a iznosi 2 631,11 kn te je za 264,65 kn veća od kućanstva koje ima samo PV panele i koje je član potrošačke energetske zadruge. Kad se tim iznosima pribroje uštede i troškovi korištenja EV-a, dolazi se do iznosa ukupne godišnje uštede od 10 890,10 kn. IRR u ovom slučaju iznosi 12,64 %, a NPV 53 390,27 kn. IRR je nešto manji od onog za kućanstvo samo s PV panelima gdje iznosi 12,82 %, a JPP ovog projekta (6,79 godina) je manji od JPP-a kućanstva samo s PV panelima (7,38 godina). Razlog zašto jedan parametar pokazuje da je projekt isplativiji od referentnog (JPP), a drugi da nije (IRR), jest činjenica da JPP, za razliku od IRR-a, ne uzima u obzir vremensku vrijednost novca te se u ovako malim razlikama u isplativosti može dogoditi da pokazuju suprotne rezultate.

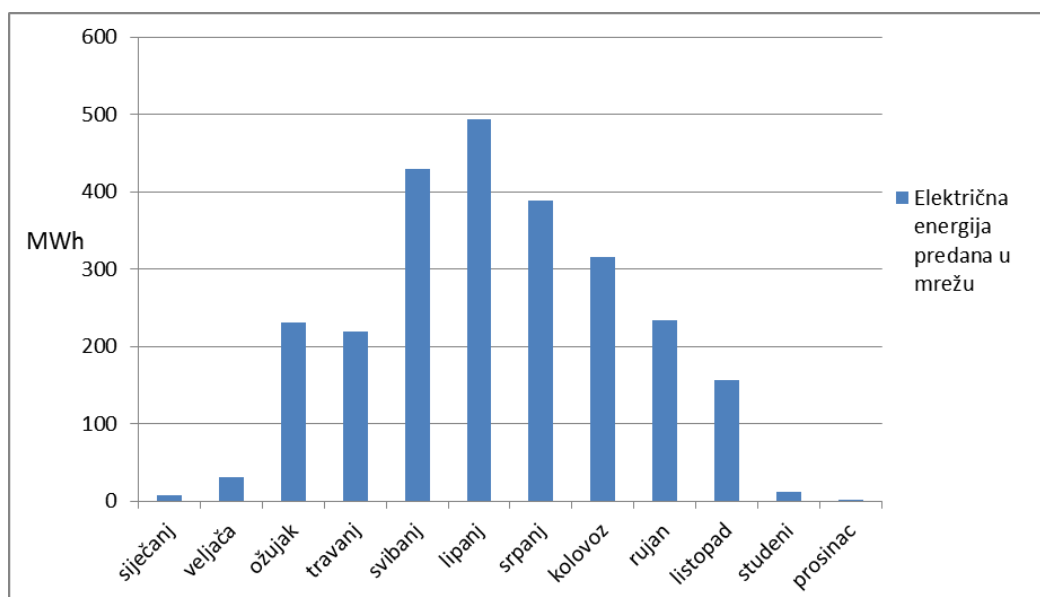
4.7.4. Sustav s V2G načinom punjenja električnih vozila

Udjeli potrošnje električne energije pokriveni vlastito proizvedenom energijom iz PV panela i električnom energijom preuzetom iz mreže za slučaj vozilo na mrežu načina punjenja EV-a prikazani su na sljedećoj slici.



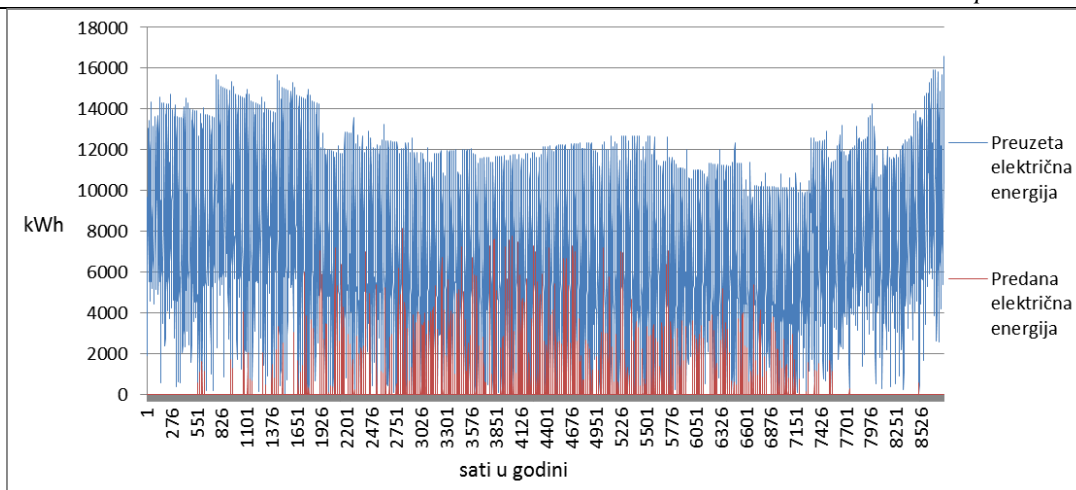
Slika 54. Pokrivenost potrošnje električne energije vlastito proizvedenom električnom energijom iz PV panela u slučaju V2G načina punjenja električnih vozila

Kao i u gornjim slučajevima, mijenjaju se samo iznosi preuzete i predane električne energije. Mjesečni iznosi predane električne energije prikazani su na sljedećoj slici.



Slika 55. Električna energija predana u mrežu u slučaju V2G punjenja EV-a

Vidljivo je da su iznosi predane električne energije mreži značajno veći od onih u *dump* i *smart* načinu punjenja. Razlog tome je način na koji funkcionira V2G način punjenja u komunikaciji s elektroenergetskom mrežom. On u trenucima niske potražnje za električnom energijom u cijelom sustavu puni EV, dok u trenucima visoke potražnje za električnom energijom u cijelom sustavu šalje električnu energiju u mrežu te je to razlog ovako velikim iznosima predane energije u mrežu. Iznosi preuzete i predane električne energije u svakom satu godine prikazani su na sljedećoj slici.



Slika 56. Satne krivulje preuzete i predane električne energije u slučaju V2G punjenja EV-a

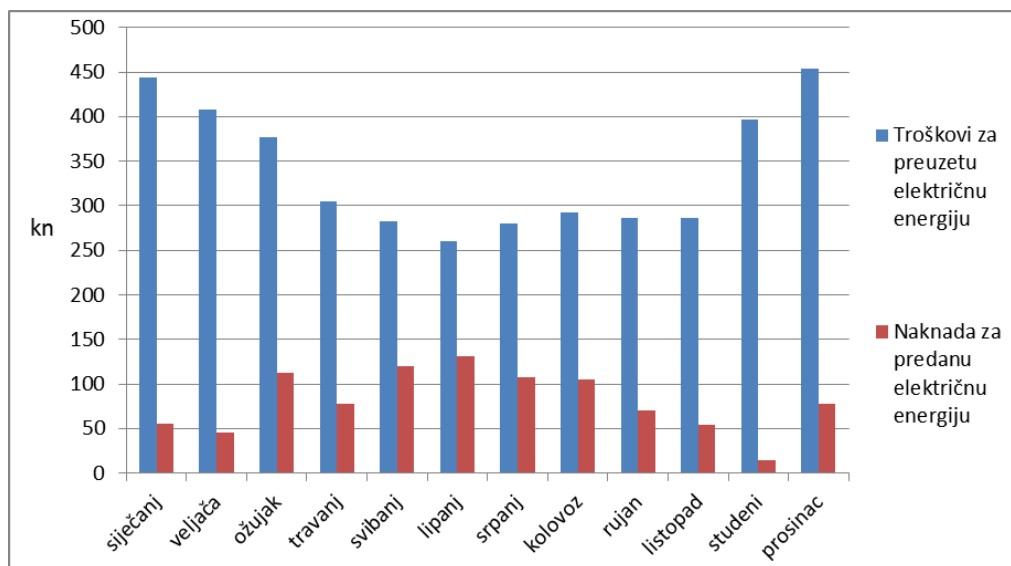
Promjene iznosa preuzete i predane električne energije naspram slučaja bez EV-a prikazani su u sljedećoj tablici.

Tablica 23. Promjena iznosa preuzete i predane električne energije po mjesecima u slučaju V2G punjenja EV-a

	Promjena iznosa preuzete električne energije	Promjena iznosa predane električne energije
Siječanj	+7,6 %	+233,33 %
Veljača	+8,57 %	+100 %
Ožujak	+11,45 %	+78,16 %
Travanj	+12,69 %	+10,51 %
Svibanj	+15,12 %	+26,54 %
Lipanj	+17,81 %	+26,85 %
Srpanj	+15,12 %	+0,97 %
Kolovoz	+9,77 %	+3,67 %
Rujan	+10,86 %	-6,89 %
Listopad	+11,51 %	-10,59 %
Studeni	+8,17 %	-15 %
Prosinac	+7,42 %	+900 %

Razlog tome što su za V2G način punjenja promjene u iznosima preuzete i predane električne energije značajno veći naspram promjena u *dump* i *smart* načinu (naročito u iznosima predane energije) jest način na koji funkcionira V2G način punjenja. On pomaže u stabiliziranju potražnje za električnom energijom te radi toga preuzima, ali i predaje veće iznose električne energije nego druga dva načina punjenja.

Preslikavanjem navedenih promjena na model kućanstva koje je član potrošačke energetske zadruge mijenjaju se iznosi mjesečnih troškova za preuzetu električnu energiju i mjesečnih naknada za električnu energiju predanu mreži. Promijenjeni iznosi za slučaj kada kućanstvo s instaliranim PV panelima koristi električno vozilo koje puni V2G načinom punjenja prikazani su na sljedećoj slici.



Slika 57. Mjesečni troškovi za kućanstvo koje EV puni V2G načinom punjenja

Ukupni godišnji troškovi kućanstva koje ima instalirane PV panele i električno vozilo puni V2G načinom punjenja iznose 4 071,01 kn, a godišnji iznos naknade za predanu električnu energiju je 966,84 kn. Godišnja ušteda za električnu energiju ovog kućanstva naspram kućanstva bez PV panela i bez EV-a iznosi 2 942,84 kn te je za 47,08 kn veća od uštede kućanstva koje ima samo instalirane PV panele. Uz dodane uštede i troškove za korištenje EV-a, ukupna godišnja ušteda kućanstva iznosi 11 201,83 kn.

Shodno tome, IRR kućanstva s PV panelima i V2G punjenjem vozila ($IRR = 13,20\%$) je malo veći od IRR-a kućanstva samo s instaliranim PV panelima ($IRR = 12,82\%$). NPV za kućanstvo s PV panelom i V2G punjenjem iznosi 57 945,74 kn. JPP je naravno manji u slučaju kućanstva s PV panelom i V2G punjenjem ($JPP = 6,59$ godine) nego u slučaju kućanstva samo s PV panelima ($JPP = 7,37$ godina).

4.7.5. Uštede računate s obzirom na promjene u gubicima u mreži

Implementacijom fotonaponskih panela u sustav dio potrošnje električne energije pokriva se energijom proizvedenom u PV panelima te tako dolazi do smanjenja potreba za preuzetom električnom energijom iz mreže. Istodobno, povećava se količina energije predane u mrežu. S obzirom da gubici prijenosa i električne energije ovise o ukupnom prometu u

mreži, dolazi i do promjene njihova iznosa. Promjene u njihovim iznosima i uštede na troškovima vezanim uz gubitke u mreži za različite scenarije prikazani su u sljedećoj tablici.

Tablica 24. Ušteda u troškovima za gubitke u mreži

Scenarij	Gubici u prijenosu i distribuciji [MWh]	Smanjenje gubitaka u prijenosu i distribuciji [MWh]	Ušteda u troškovima [kn]
Osnovni scenarij (bez PV-a i EV-a)	6 782,12	-	-
Scenarij samo s PV-om	5 105,75	1 676,37	821 419,90
Scenarij s PV-om i <i>dump</i> punjenjem EV-a	5 466,01	1 613,11	644 893,50
Scenarij s PV-om i <i>smart</i> punjenjem EV-a	5 520,23	1 261,84	618 301,90
Scenarij s PV-om i V2G punjenjem EV-a	5 662,37	1 119,75	548 675,00

Vidljivo je kako se najveće uštede u gubicima u mreži, a samim time i najveće uštede u troškovima vezanim uz gubitke u mreži, ostvaruju u scenariju samo s PV panelima. U scenarijima s električnim vozilima dolazi do veće izmjene električne energije između sustava i električne mreže, a time i većih gubitaka u prijenosu i distribuciji. To je logično jer zbog implementacije EV-a u sustav raste potražnja za električnom energijom te se, s obzirom da je snaga PV panela ostala jednaka, razlika namiruje iz elektroenergetske mreže. Uz to, u V2G načinu punjenja raste iznos električne energije predane u mrežu zbog njegova načina rada koji pomaže u stabilizaciji potražnje za električnom energijom cijelog sustava.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu provedena je analiza moguće solarizacije energetske sustava uz modele financiranja prema „Zimskom paketu“ Europske Unije. Analiziran je utjecaj energetske zadruge i lokalnih energetske zajednice na isplativost poslovnih modela instalacije fotonaponskih sustava za karakteristične skupine potrošača. Izračunate su potrebne površine, broj novootvorenih radnih mjesta te isplativost u slučaju solarizacije svakog stambenog i poslovnog objekta na otoku Korčuli. Ispitan je utjecaj električnih vozila na poslovni model za različite vrste punjenja električnih vozila te su izračunate uštede za kućanstvo za različite kombinacije korištenja fotonaponskog sustava s električnim vozilom.

Izračunato je kako je prema modelu krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom iz Zakona o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji isplativost projekta postavljanja fotonaponskog sustava snage 2 kW na krov kućanstva relativno visoka ($IRR = 8\%$) te da se povrat investicije događa u prvoj polovici životnog vijeka sustava ($JPP = 10,16$ godina). Članstvo u potrošačkoj energetskoj zadruzi smanjuje cijenu investicije za 30 % te čini projekt izrazito isplativim ($IRR = 12,72\%$, $JPP = 7,38$ godina). Članstvo u lokalnoj energetskoj zajednici ovisi o kretanju cijena naknade za korištenje mreže pa u slučaju njenog 20 %-tnog smanjenja IRR projekta iznosi 9 %, a JPP 9,63 godina. U slučaju njenog 20 %-tnog povećanja dolazi do smanjenja isplativosti projekta te IRR u tom slučaju iznosi 7 %, a JPP 11,64 godine.

Utjecaj korištenja električnog automobila kao prijenosnog spremnika električne energije na isplativost fotonaponskog sustava u kućanstvu koje je član energetske zadruge ovisi o načinu punjenja električnog vozila. Ukoliko se električno vozilo puni *dump* načinom punjenja, isplativost ukupnog projekta malo pada te IRR iznosi 12,5 %, a JPP 6,84 godina. U kućanstvu u kojem se električno vozilo puni *smart* načinom punjenja, isplativost je nešto veća te IRR iznosi 12,64 %, dok je JPP 6,79 godina. Najisplativijim načinom punjenja električnog automobila pokazao se V2G način kod kojeg IRR iznosi 13,2 %, a JPP 6,6 godina. U ovako postavljenim modelima, korištenje električnih vozila nema veliki utjecaj na isplativost fotonaponskih sustava (relativno male promjene iznosa IRR -a i JPP -a). U sljedećoj tablici dan je pregled ušteda za kućanstvo za različite kombinacije korištenja fotonaponskih sustava i električnih vozila.

Tablica 25. Pregled ušteda za kućanstvo za različite kombinacije korištenja PV sustava i EV-a

	Model	Godišnja ušteta [kn]	IRR	NPV [kn]	JPP [godina]
Samo PV sustav	krajnji kupac s vlastitom proizvodnjom	2 895,76	8 %	12 943,97	10,16
	članstvo u potrošačkoj energetskoj zadruzi	2 895,76	12,82 %	20 706,98	7,38
	članstvo u lokalnoj energetskoj zajednici – smanjenje mrežarine	3 155,62	9 %	15 692,34	9,63
	članstvo u lokalnoj energetskoj zajednici – povećanje mrežarine	2 635,91	7 %	8 097,48	11,64
PV sustav + EV (članstvo u energetskoj zadruzi)	<i>dump</i> način punjenja	10 814,55	12,50 %	52 286,15	6,84
	<i>smart</i> način punjenja	10 890,10	12,64 %	53 390,27	6,79
	V2G način punjenja	11 201,83	13,20 %	57 945,74	6,6

Za sektor malog poduzetništva postavljanje 3 kW fotonaponskog sustava pokazuje se jako isplativim u postojećem modelu krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom. IRR tog projekta iznosi 18 %, a JPP 5,35 godina. Članstvom u energetskoj zadruzi isplativost se podiže te je IRR u tom slučaju 22 %, a JPP 4,54 godine. Članstvo u lokalnoj energetskoj zajednici uz smanjenje naknade za korištenje mreže se pokazuje najisplativijim modelom za sektor malog poduzetništva te IRR u tom slučaju iznosi 25 %, a JPP 3,93 godine. Članstvo u lokalnoj energetskoj zajednici uz povećanje naknade za korištenje mreže čini projekt neisplativim jer je u tom slučaju IRR od 4 % manji od diskontne stope od 4,24 % za projekte

energetske učinkovitosti i OIE koju koristi Hrvatska banka za obnovu i razvoj, dok je JPP 14,59 godina.

U sektoru srednjeg poduzetništva postavljanje 20 kW snage prema postojećem modelu krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom daje IRR od 10 %, a JPP od 8,32 godine. Članstvo u zadruzi povećava IRR na 16 %, a smanjuje JPP na 6,14 godina. Članstvo u lokalnoj energetske zajednici uz smanjenje naknade za korištenje mreže čini ovaj projekt izrazito isplativim uz IRR od 26 % te JPP od 3,88 godine, ali ukoliko dođe do povećanja naknade za korištenje mreže ovaj projekt postaje izrazito neisplativ te je u tom slučaju NPV projekta jednaka -319 164,60 kn.

Za sektor javne rasvjete se pokazuju slični trendovi za instaliranje 10 kW snage fotonaponskih sustava. Model krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom daje IRR od 10 % te JPP od 9,29 godina. Model članstva u energetske zadruzi je isplativiji te IRR u tom slučaju iznosi 13 %, a JPP 7,28 godina. U slučaju smanjenja naknade za korištenje mreže, članstvo u lokalnoj energetske zajednici se pokazuje najisplativijim s IRR-om od 71 % te JPP od 1,4 godine. Ipak, kod povećanja naknade za korištenje mreže projekt postaje izrazito neisplativ te je u tom slučaju NPV -1 013 439,83 kn.

U slučaju solarizacije svakog stambenog i radnog objekta na otoku Korčuli, potrebno je osigurati 96 360 m² površine krovova, što s trenutno ukupnim brojem od 5 448 krovova daje potrebnu prosječnu veličinu površine jednog krova od 17,69 m² što je realan iznos za jedno kućanstvo ili radni objekt te ostavlja mjesta za dodatno povećanje instalirane snage PV sustava. Ukupno instalirana snaga fotonaponskih sustava u tom slučaju iznosila bi 11,68 MW, a prosjek ukupno novootvorenih radnih mjesta vezanih uz projektiranje, administraciju, instalaciju, održavanje i vođenje PV sustava iznosi 7,75 FTE godišnje. Ukupni troškovi implementacije 11,68 MW fotonapona kroz članstvo u energetske zadruzi iznose 135,88 milijuna kuna, a najveći dio (79,4 %) otpada na investicijske troškove. Projekt se pokazuje isplativim jer IRR projekta iznosi 15,05 %, dok je NPV 118,8 milijuna kuna.

Iz svega navedenog lako je zaključiti da će energetske zadruge u bliskoj budućnosti imati bitnu ulogu u solarizaciji Republike Hrvatske. Model članstva u energetske zadruzi pokazao je najveći pozitivni utjecaj na isplativost instaliranja PV sustava na krovove kućanstava u usporedbi s modelom krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom i modelom članstva u lokalnoj energetske zajednici.

Dodatan oblik poticaja pomoću kojeg bi bilo moguće povećati ostvarene uštede u kućanstvu predstavlja tzv. neto mjerenje (engl. *net-metering*) [67]. Neto mjerenje je oblik poticaja distribuirane proizvodnje iz OIE korištenjem dvosmjernog brojila pri čemu se prati

neto razmjena na obračunskom mjernom mjestu [68]. Taj oblik praćenja razmjene je povoljniji za kućanstva jer jednako promatra cjenovnu vrijednost električne energije u oba smjera (iz mreže prema kućanstvu i od kućanstva u mrežu) za razliku od trenutno važećeg modela krajnjeg kupca s vlastitom proizvodnjom koji električnu energiju preuzetu iz mreže smatra cjenovno vrijednijom od električne energije proizvedene u kućanstvu i predane mreži.

6. LITERATURA

- [1] Eurostat, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Primary_energy_production,_EU-28,_1990-2015,_ktoe_final.png. [Pokušaj pristupa 23. Studeni 2017].
- [2] Eurostat - Statistics explained, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Gross_inland_consumption_of_renewable_energy,_by_source,_EU-28,_2004_and_2015.PNG. [Pokušaj pristupa 25. Studeni 2017].
- [3] Enerpedia - PV, http://www.powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=ENERGETSKE_TRANSFORMACIJE#PV. [Pokušaj pristupa 25. Studeni 2017].
- [4] SolarPower Europe, Solar Market Report & Membership Directory, 2016.
- [5] Z. Matić, Sunčevo zračenje na području Republike Hrvatske, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2007.
- [6] Vjetroelektrane, <http://www.vjetroelektrane.com/aktualno/1933-energetske-zadruge-kao-buducnost-energetike>. [Pokušaj pristupa 20. Studeni 2017].
- [7] M. Pejić, Ekonos, <http://www.ekonoss.hr/porezi/pravni-oblici-poduzetnistva-i-dio/>. [Pokušaj pristupa 15. studeni 2017].
- [8] Zakon.hr, <https://www.zakon.hr/z/189/Zakon-o-biogorivima-za-prijevoz>. [Pokušaj pristupa 17. Studeni 2017].
- [9] J. Rijpens, S. Riutort i B. Huybrechts, Report on REScoop Business Models, 2013.
- [10] Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP), Heinrich Boll Stiftung, https://bib.irb.hr/datoteka/828110.energetske_zadruga_2.pdf. [Pokušaj pristupa 21. Studeni 2017].
- [11] Energetska zadruga "Otok Krk", <http://ezok.hr/>. [Pokušaj pristupa 18. Studeni 2017].
- [12] Nacionalni portal energetske učinkovitosti, <https://www.enu.hr/ee-u-hrvatskoj/tko-je-tko-ee-rh/energetske-zadruga/>. [Pokušaj pristupa 18. Studeni 2017].
- [13] Ponikve.krk, Ponikve d.o.o., <http://www.ponikve.hr/>. [Pokušaj pristupa 18. Studeni 2017].
- [14] Grad Krk, <http://www.grad-krk.hr/lijeviMenu/Gospodarstvo/Energetika/Otok-Krk-krenuo-u-smjeru-energetske-neovisnosti.aspx>. [Pokušaj pristupa 20. Studeni 2017].
- [15] E. Jerkić, HO CIRED, https://www.ho-cired.hr/index.php/component/jdownloads/send/311-so4/451-novi-poslovni-modeli-za-oie?option=com_jdownloads. [Pokušaj pristupa 24. Studeni 2017].
- [16] Net.hr, <http://net.hr/danas/novac/zadruga-su-dobar-odgovor-na-gospodarsku-krizu/>. [Pokušaj pristupa 21. Studeni 2017].
- [17] LAG Vallis Colapis, <http://leader.vallis-colapis.hr/>. [Pokušaj pristupa 19. Studeni 2017].
- [18] European Commission, <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>. [Pokušaj pristupa 24. Studeni 2017].
- [19] Europska komisija, Prijedlog Direktive Europskog parlamenta i Vijeća o zajedničkim

- pravilima za unutarnje tržište električne energije, 2017.
- [20] D. Vansitjan, The energy transition to energy democracy, REScoop.eu, 2015.
- [21] REScoop.eu, <https://www.rescoop.eu/about-us>. [Pokušaj pristupa 25. Studeni 2017].
- [22] Ecofys, Fraunhofer ISI, TU Vienna EEG, Ernst & Young, Financing Renewable Energy in the European Energy Market, 2011.
- [23] Hrvatski sabor, Narodne novine, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_09_100_1937.html. [Pokušaj pristupa 25. Studeni 2017].
- [24] Investopedia - NPV, <https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp>. [Pokušaj pristupa 18. Studeni 2017].
- [25] Investopedia, <http://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp>. [Pokušaj pristupa 18. Studeni 2017].
- [26] Investopedia - JPP, <https://www.investopedia.com/terms/p/paybackperiod.asp>. [Pokušaj pristupa 18. Studeni 2017].
- [27] Zelena energija, <http://www.zelenaenergija.org/clanak/energetske-zadruga-koji-je-smisao-udruzivanja/5986>. [Pokušaj pristupa 22. Studeni 2017].
- [28] EnergyPLAN, <http://www.energyplan.eu/>. [Pokušaj pristupa 21. Studeni 2017].
- [29] PlanEnergi, <http://planenergi.eu/>. [Pokušaj pristupa 19. Studeni 2017].
- [30] EMD International A/S, <https://www.emd.dk/>. [Pokušaj pristupa 21. Studeni 2017].
- [31] Urban Foresight, Energy Systems and Electric Vehicles, 2016. http://urbanforesight.org/wp-content/uploads/2016/07/Energy_systems_working_paper_4.0.pdf. [Pokušaj pristupa 25. Studeni 2017].
- [32] K. Katić, Primjena "Four Step Model" na analizu kretanja osobnih automobila s mogućom aplikacijom na energetske planiranje punjenja električnih vozila – slučaj grada Zagreba, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.
- [33] Grad Korčula, <http://www.korcula.hr/o-korculi/prirodno-geografske-znacajke/>. [Pokušaj pristupa 18. Studeni 2017].
- [34] HEP - Operator distribucijskog sustava, HEP - ODS, <http://www.hep.hr/ods/opskrbljivaci/pravila-primjene-nadomjesnih-krivulja-opterecenja/65>. [Pokušaj pristupa 22. Studeni 2017].
- [35] HEP - ODS - Elektrojug Dubrovnik, <http://www.hep.hr/ods/pristup-mrezi/distribucijska-podrucja-elektre/elektrojug-dubrovnik/78>. [Pokušaj pristupa 24. Studeni 2017].
- [36] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>. [Pokušaj pristupa 18. Studeni 2017].
- [37] Državni zavod za statistiku, https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2016/SI-1583.pdf. [Pokušaj pristupa 24. Studeni 2017].
- [38] global sustainable energy solutions, A Practical Guide to PV Efficiency, GSES Technical Papers, 2016.
- [39] energy saving trust, Solar Energy Calculator, http://www.pvfitcalculator.energysavingtrust.org.uk/Documents/150224_SolarEnergy_Calculator_Sizing_Guide_v1.pdf. [Pokušaj pristupa 24. Studeni 2017].
- [40] Renewable Energy Institute, https://www.renewable-ei.org/en/images/pdf/20160331/JREF_Japan_Germany_solarpower_costcomparison_en

- .pdf. [Pokušaj pristupa 25. 11. 2017].
- [41] HEP Elektra - kućanstva, <http://www.hep.hr/elektra/kucanstvo/tarifne-stavke-cijene/1547>. [Pokušaj pristupa 19. Studeni 2017].
- [42] FINA - Financijska agencija, Registar godišnjih financijskih izvještaja, <http://rgfi.fina.hr/JavnaObjava-web/prijava.do>. [Pokušaj pristupa 21. Studeni 2017].
- [43] HEP Elektra - poduzetništvo, <http://www.hep.hr/elektra/poduzetnistvo/tarifne-stavke-cijene-1578/1578>. [Pokušaj pristupa 19. Studeni 2017].
- [44] Radež d.d., <http://www.radez.hr/hr/about-us.html>. [Pokušaj pristupa 22. Studeni 2017].
- [45] HTP Korčula d.d., <http://www.korcula-hotels.com/hr/o-nama>. [Pokušaj pristupa 18. Studeni 2017.].
- [46] Montmontaža - Greben d.o.o., <http://www.greben.hr/index.php/greben-general-description.html>. [Pokušaj pristupa 19. Studeni 2017.].
- [47] N. Matak, Zajednički Akcijski plan energetske održivog razvitka za općine otoka Korčule prema opciji 2 Sporazuma gradonačelnika, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2015.
- [48] Ernst and Young, Solar Power Europe, 2017. <http://www.apren.pt/contents/publicationsothers/solar-pv--jobs-and-value-added-in-europe-novembro-2017-solarpower-europe.pdf>. [Pokušaj pristupa 20. Studeni 2017].
- [49] Statistika, Hrvatski zavod za zapošljavanje, <https://statistika.hzz.hr/Statistika.aspx?tipIzvjestaja=4>. [Pokušaj pristupa 24. Studeni 2017].
- [50] Hrvatska gospodarska komora, HGK, <https://www.hgk.hr/documents/aktualna-tema-bdp-po-zupanijama-u-201458a4616b14b49.pdf>. [Pokušaj pristupa 21. Studeni 2017].
- [51] International Monetary Fund, http://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/HRV. [Pokušaj pristupa 25. Studeni 2017].
- [52] M. Lovrić, Termoelektrane na fosilna goriva spram obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj do 2030. godine, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2016.
- [53] European Alternative Fuels Observatory, <http://www.eafo.eu/vehicle-statistics/m1>. [Pokušaj pristupa 2. Studeni 2017].
- [54] Renault, <https://www.renault.hr/vozila/elektricna-vozila/zoe.html>. [Pokušaj pristupa 19. Studeni 2017].
- [55] Nissan, <https://www.nissan.co.uk/vehicles/new-vehicles/leaf/prices-specifications.html>. [Pokušaj pristupa 19. Studeni 2017].
- [56] BMW, <https://www.bmw.hr/hr/topics/details/pricelist-brochure-download.html>. [Pokušaj pristupa 25. Studeni 2017].
- [57] Večernji list, <https://www.vecernji.hr/auti/evo-koje-su-marke-i-modeli-lani-bili-najprodavaniji-1141443>. [Pokušaj pristupa 19. Studeni 2017].
- [58] Volkswagen, <https://www.volkswagen.hr/novi-golf/novi-golf>. [Pokušaj pristupa 19. Studeni 2017].
- [59] Renault, <https://www.renault.hr/vozila/osobna-vozila/cli/cijene-specifikacije.html>. [Pokušaj pristupa 19. Studeni 2017].
- [60] Škoda, <https://www.skoda.hr/octavia/octavia/6271:cijene-i-tehnicki-podaci>. [Pokušaj pristupa 19. Studeni 2017].
- [61] Opel, <http://www.opel.hr/tools/cjenici.html>. [Pokušaj pristupa 19. Studeni 2017].

-
- [62] Ford, http://ford.hr/Bro%C5%A1ure_I_Cjenici/Osobna_Vozila. [Pokušaj pristupa 21. Studeni 2017].
- [63] Cijene goriva, <http://www.cijenegoriva.info/cijenegoriva.aspx>. [Pokušaj pristupa 21. Studeni 2017].
- [64] L. Pavlinek, Tehno-ekonomska analiza integracije obnovljivih izvora energije i sektora transporta u energetska mrežu otoka, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017.
- [65] Energetski institut Hrvoje Požar, Energija u Hrvatskoj - godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb, 2016.
- [66] Hrvatska banka za obnovu i razvoj, <https://www.hbor.hr/>. [Pokušaj pristupa 23. Studeni 2017].
- [67] N. Matak, G. Krajačić i N. Duić, Ekonomska usporedba dva poslovna modela za implementaciju malih integriranih PV sustava, Hrvatsko energetsko društvo, Zagreb, 2016.
- [68] CROENERGO.EU, <http://www.croenergo.eu/UNDP-Preporuke-donositeljima-odluka-za-poticanje-razvoja-energetskih-zadruga-i-projekata-obnovljivih-izvora-energije-u-vlasnistvu-gradjana-u-Hrvatskoj-24312.aspx>. [Pokušaj pristupa 26. Studeni 2017].

PRILOZI

I. CD-R disc